



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 483 357 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**  
**veröffentlicht nach Art. 158 Abs. 3**  
**EPÜ**

(21) Anmeldenummer: **90910979.5**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **F03B 13/18**

(22) Anmeldetag: **22.05.90**

(66) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/SU90/00131**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 91/00962 (24.01.91 91/03)**

(30) Priorität: **06.07.89 SU 4708041**  
**02.11.89 SU 4752620**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.05.92 Patentblatt 92/19**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB IT SE**

(71) Anmelder: **VALIEV, Baidar Garifovich**  
**pr. Makeeva, 41-17, Chelyabinskaya obl.**  
**Miass, 456322(SU)**  
Anmelder: **KOLP, Albert Yakovlevich**  
**ul. Zhukovskogo, 12-20, Chelyabinskaya obl.**  
**Miass, 456324(SU)**  
Anmelder: **MARIINA, Nailya Baidarovna**  
**ul. Molodogvardeiskaya, 8a-4, Sverdlovskaya**  
**obl.**  
**Kamyshlov, 623530(SU)**  
Anmelder: **KOLP, Yakov Albertovich**  
**MFTI, obschezhitie N3, komm.111,**  
**Moskovskaya obl.,**  
**Dolgoprudny, 141700(SU)**  
Anmelder: **PECHENKIN, Leonid Alexandrovich**  
**ul. Tsiolkovskogo, 18-60, Chelyabinskaya obl.**

**Miass, 456322(SU)**

(72) Erfinder: **VALIEV, Baidar Garifovich**  
**pr. Makeeva, 41-17, Chelyabinskaya obl.**  
**Miass, 456322(SU)**  
Erfinder: **KOLP, Albert Yakovlevich**  
**ul. Zhukovskogo, 12-20, Chelyabinskaya obl.**  
**Miass, 456324(SU)**  
Erfinder: **MARIINA, Nailya Baidarovna**  
**ul. Molodogvardeiskaya, 8a-4, Sverdlovskaya**  
**obl.**  
**Kamyshlov, 623530(SU)**  
Erfinder: **KOLP, Yakov Albertovich**  
**MFTI, obschezhitie N3, komm.111,**  
**Moskovskaya obl.,**  
**Dolgoprudny, 141700(SU)**  
Erfinder: **PECHENKIN, Leonid Alexandrovich**  
**ul. Tsiolkovskogo, 18-60, Chelyabinskaya obl.**  
**Miass, 456322(SU)**

(74) Vertreter: **Sparing Röhl Henseler**  
**Patentanwälte European Patent Attorneys**  
**Rethelstrasse 123**  
**W-4000 Düsseldorf 1(DE)**

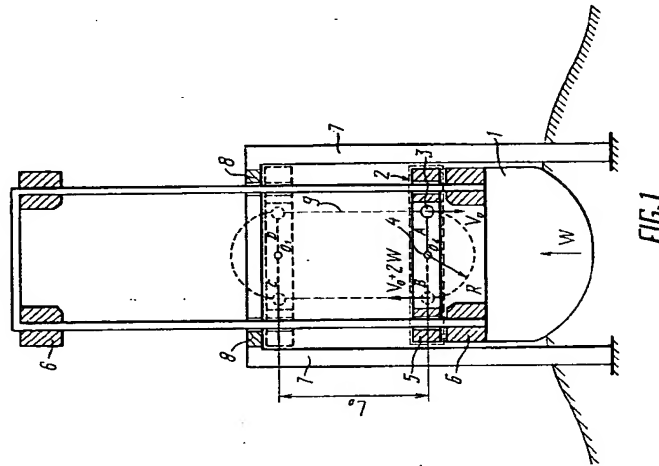
(54) **VERFAHREN ZUR WELLENENERGIEUMFORMUNG UND WELLENENERGIEANLAGE ZUR DURCHFÜHRUNGDESSELBEN.**

(57) Das Verfahren zur Wellenenergieumformung wird mit Hilfe einer Wellenenergieanlage durchgeführt, die ein Schwimmitel (1) enthält, in dessen Nähe vertikale Führungen (7) angeordnet sind, die die Wellenschwingungen minimal aufnehmen, wobei ein Schwingungserzeuger (2) mit Unwuchtmassen (3) vorhanden ist, die sich auf einer vorgegebenen Bahn mit Beschleunigung bewegen. Die Zusammenwirkung des Schwingungserzeugers (2) mit dem Schwimmitel (1) und den Führungen (7) geht solcherweise vonstatten, daß während einer jeden Periode des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmitels (1) auf der Welle die Unwuchtmassen (3) sich mehr als einmal um ihre Achse (4) drehen, während die Drehachse (4) der Unwuchtmassen (3) sich unter Einwirkung

EP 0 483 357 A1

und in der Einwirkungsrichtung des Schwimmittels (1) mehrmals verschiebt, wobei während einer jeden vollen Umdrehung der Unwuchtmassen (3) um die Achse (4) innerhalb vorgegebener Zeitintervalle mindestens eine Verschiebung der Drehachse (4) erfolgt, während bei jedem Wechsel der Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels (1) auf der Welle die Bewegungsrichtung der Drehachse (4) der Unwuchtmassen (3) unter Aufrechterhaltung der in den Unwuchtmassen (3) aufgespeicherten Energie umgekehrt wird. Die Energieentnahme von den Unwuchtmassen (3) erfolgt während der Periode des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels (1) auf der Welle.

Die Erfindung kann in der Energetik für die effektive Umwandlung der Wellenenergie in die elektrische Energie angewendet werden.



## Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Umwandlung einer Energieform in eine andere, insbesondere auf ein Verfahren zur Umformung der Wellenenergie in eine nutzbare Energieform und auf  
 5 eine Wellenenergieanlage zur Durchführung dieses Verfahrens.

## Zugrundeliegender Stand der Technik

Gegenwärtig ist die Energiegewinnung durch umweltfreundliche Verfahren sehr aktuell.  
 10 Bekannte Energiegewinnungsverfahren führen zur Beeinträchtigung der ökologischen Situation auf der Erde, so bewirken beispielsweise die Wärmekraftwerke eine Verunreinigung und Überhitzung der Atmosphäre, die Atomkraftwerke eine Atmosphäreüberhitzung und Erhöhung der Untergrundstrahlung, die Wasserkraftwerke einen Entzug von Nutflächen, die zur industriellen und landwirtschaftlichen Verwertung geeignet sind. Einer der möglichen Wege zur Lösung der genannten Probleme besteht in der Ausnutzung  
 15 von alternativen Energiequellen, so unter anderem in der Erhöhung der Effektivität der Energiegewinnung aus den Meereswellen in einem weiten Bereich ihrer Frequenzen.

Die Anwendung von herkömmlichen Energieumformungsprinzipien, die auf der Umwandlung der schwingenden Bewegung der Meereswellen mit Hilfe von verschiedenartigen Kurven- und Hebelgetrieben, Schwimmern, hydraulischen und pneumatischen Systemen beruhen, gestattet es wegen der geringen  
 20 Effektivität derselben nicht, Energieanlagen mit vertretbarer Leistung und annehmbaren Massen- und Abmessungsparametern zu schaffen und diese auf den vorhandenen Schwimtmitteln zu installieren.

Es sind Wellenenergieanlagen bekannt, die nach einem Verfahren funktionieren, das auf der Umformung der von der Welle gelieferten potentiellen Energie in die kinetische Energie der Drehung einer Wasserturbine beruht, welche mit einem elektrischen Generator zusammenwirkt. Ähnliche Wellenenergiean-  
 25 lagen sind beispielsweise in einem Triebwerk realisiert, das durch die Wellenenergie angetrieben wird (US,A, Nr. 4152895).

Das Triebwerk ist als eine ortsfest (in bezug auf den Meeresboden) angeordnete sphärische Kuppel ausgebildet, deren Oberteil sich auf der Wasseroberfläche befindet. Die Kuppel ist mit einem senkrechten Schacht (Rohr) mit einem über diesem befindlichen Refraktionsgefäß darauf versehen. Im unteren Schacht-  
 30 teil ist auf einer vertikalen Welle die Wasserturbine, im oberen Teil desselben aber auf derselben Welle ein elektrischer Generator befestigt.

Das Prinzipschema der Elektroenergieerzeugung durch das beschriebenen Wellentriebwerk erinnert an ein Wasserkraftwerk, mit dem alleinigen Unterschied, daß im letzteren zwecks Erhöhung des Staudruckes eigens ein Wasserhöhengefälle geschaffen wird. Aus einleuchtenden Gründen hängt das Höhengefälle bei  
 35 der beschriebenen Anlage voll und ganz von der Wasseraufstiegshöhe in der Welle ab. Das bedingt eine geringe Effektivität der Anlage. Darüber hinaus sind vorhandene, vom Meerwasser umströmte bewegliche Baugruppen ingenieur-technisch zwar realisierbar, doch sind dafür spezielle korrosionsfeste Werkstoffe sowie besondere Vorrichtungen erforderlich, die das Ankleben von Meeresorganismen und Pflanzen an reibenden Oberflächen verhindern.

Daraus ist erkennbar, daß die technische Effektivität einer derartigen Anlage und ähnlicher hydraulischer Wellenkraftanlagen bedeutend niedriger als die technische Effektivität der herkömmlichen Kraftwerke  
 40 ist.

Bekannt sind ferner Wellenenergieanlagen, die nach einem Verfahren funktionieren, das auf der Umformung der Schwingungsenergie von auf der Wasseroberfläche liegenden Schwimtmitteln wie beispielsweise Schwimmer, Flöße u.ä. mit Hilfe von bekannten Umformungseinrichtungen (Hebel-, Kurbel-, Zahnrad-  
 45 und Zahnstangengetrieben) in die Rotationsenergie eines elektrischen Generators beruht. Diese Anlagen sind durch eine räumliche Lageänderung eines mechanischen Körpers in bezug auf eine gegen die Welleneinwirkung inerte bzw. in Gegenphase bewegte Einrichtung gekennzeichnet.

Es ist eine Einrichtung bekannt (US, A, Nr. 4300871), die das Prinzip eines schwingenden Flügels benutzt. Die Einrichtung besteht aus mehreren Flügeln, die auf einer gemeinsamen Achse schwingen. Im Innern eines jeden Flügels sind Kreisel untergebracht, die mit dem Flügel und mit der Achse verbunden  
 50 sind. Die relative Verschiebung von Flügeln und Achse ruft eine Kreiselpräzessionskraft hervor, die zur Gewinnung von Elektroenergie verwertet wird. Das Verfahren besteht in sukzessiver Umformung der Wellenschwingungen in Winkelbewegungen des Flügels, dann in die Kreiselpräzession

und schließlich in eine nutzbare Energieform. Bekannt sind Einrichtungen, die auf der Basis der "Solter-Ente" (GB, A, Nr. 1482085) ausgeführt sind und gegen die Wellenbewegungsrichtung empfindlich sind. Die höchste Effektivität weist die Einrichtung in dem Fall auf, wenn die Welle von seiten des "Entenschnabels"  
 55 anströmt, die kleinste Effektivität liegt bei einem Wellenanströmwinkel von 90° und mehr vor.

Bei diesen Anströmwinden funktioniert die Einrichtung praktisch nicht. Darüber hinaus reagiert die Einrichtung auf die Vertikalkomponente der Wellenschwingungen nur schwach, weil sie eine feste, für die "Enten" gemeinsame Achse besitzt. Alles Gesagte gestattet es, auf der Basis der "Solter-Enten" eine effektive Wellenenergieanlage zu schaffen.

5 Es sind ferner Wellenenergieanlagen bekannt, die nach einem Verfahren funktionieren, das auf der Anwendung von Luft als Arbeitsmedium beruht, die von der Wellenenergie komprimiert wird und eine Druckluftturbine in Gang setzt, welche mit einem elektrischen Generator verbunden ist. Diese Einrichtungen kommen einem Zylinder-Kolben-System nahe, wobei Wasser als Kolben auftritt. Zur typischen Wellenenergieanlage dieser Klasse kann man eine Anlage zählen (US, A, Nr. 4405866), die eine Luftkammer, deren  
10 Boden auf der Seite der Wasseroberfläche offen ist, sowie ein System von Kanälen enthält, die die Luftkammer mit dem Turbinen-Generator-Satz verbinden. Der letztere enthält zwei Turbinen mit ein und derselben Umlaufrichtung, die eine gemeinsame Welle besitzen, welche mit einem elektrischen Generator verbunden ist. Die eine Turbine versetzt den Generator bei Luftverdichtung in der Anlagenkammer, die andere aber bei Zuführung von atmosphärischer Luft in die Kammer bei Wellenabfall in Drehung. In dieser  
15 Weise werden bei der Auf- und Abwärtsbewegung der Wasseroberfläche unter der Welleneinwirkung im Innern der Luftkammer Luftströme erzeugt, die in entgegengesetzten Richtungen fließen und abwechselnd durch die jeweiligen Turbinen ein und derselben Umlaufrichtung laufen.

Eines der Probleme bei der Entwicklung der erwähnten Anlagen ist die Schaffung von Druckluftturbinen, in denen die Luftverdichtung zyklisch erfolgt, während die Turbinenrotation ununterbrochen sein soll. Dieser  
20 Widerspruch erzwingt die Benutzung von Druckspeichern, die die Druckluftschwingungen beim Eintritt in die Turbine abglätten.

Allerdings machen die vorhandenen zusätzlichen Einrichtungen die Konstruktion der Wellenenergieanlage kompliziert und beeinträchtigen die wirtschaftlichen Kennwerte derselben. Darüber hinaus verwerten die hydropneumatischen Wellenenergieanlagen Seeluft für den Turbinenantrieb, die mit Meerwasserdämpfen  
25 gesättigt ist, welche aktive Salzionen enthalten, die gegenüber den mit ihnen während der langen Betriebsdauer unmittelbar in Berührung stehenden Werkstoffen außerordentlich aggressiv sind, was einen vorzeitigen Ausfall der Einzelteile der Anlage bedingt.

Außerdem besitzen die beschriebenen Anlagen, welche nach den im vorstehenden beschriebenen Verfahren funktionieren, eine niedrige spezifische Leistung.

30 Bekannt sind weiterhin Wellenenergieanlagen, deren Funktion auf der Umformung der Schwingungen eines Mechanismus der auf einem Schwimmittel angeordnet ist und einen Schwingungserzeuger darstellt, der die Wellenschwingungsenergie aufnimmt, in elektrische Energie beruht. Eine Besonderheit der Wellenenergieanlagen dieser Klasse ist der fehlende direkte Kontakt des Wassermediums mit den Arbeitsorganen der Energieanlage. Die Zuführung der Wellenenergie in den Schwingungserzeuger der Anlage geschieht infolge der Zusammenwirkung der Wellen nur mit dem Körper der Energieanlage, d.h. mit dem Schwimmittel.

Eine von derartigen Energieanlagen ist eine Anlage (JP, A, Nr. 53-24578), die ein Gehäuse einschließt, in dessen Schwingungsmittelpunkt eine Stütze für einen Hebel vorhanden ist, während der Hebel selber mit einer Wälzbahn versehen ist. Auf dieser Bahn bewegt sich während der Gehäuseschwingungen ein  
40 Wälzkörper. An den Hebelenden sind Zugstangen angebracht, die sich relativ zum Gehäuse unter der Einwirkung des Wälzkörpers bewegen. Die bei der Zugstangenbewegung erzeugte Energie wird in eine herkömmliche Energieform, beispielsweise in elektrische Energie, umgewandelt. In dieser Anlage wird die geradlinige Bewegung des Wälzkörpers in eine hin- und hergehende Bewegung umgewandelt. Allerdings weisen die Anlagen dieses Typs eine niedrige spezifische Leistung auf.

45 Es ist ferner ein Verfahren zur Umformung der schwingenden Wellenbewegung in eine Drehbewegung bekannt, das auf der Erscheinung der vibrationsbedingten Aufrechterhaltung dieser Drehbewegung beruht (I.I. Blehman "Synchronisation in Natur und Technik", 1981, Verlag "Nauka", Moskau, S. 142, 143, Abb.19), bei welcher die Vibration der Unwuchtdrehachse mit einer Frequenz  $\omega$  bewirken kann, daß die Unwuchtmasse mit einer  $\omega$ -Frequenz bzw. mit einem Vielfachwert derselben umlaufen wird. Diese Erscheinung wird als vibrationsbedingte Aufrechterhaltung der Drehbewegung bezeichnet. Allerdings findet der vibrationsbedingte Umlauf der Unwuchtmasse nur in dem Fall statt, wenn sich die Schwingungen nach dem harmonischen Gesetz mit der vorgegebenen  $\omega$ -Frequenz ändern. Angesichts der Tatsache, daß die Meereswellenbewegung als ein schmalbandiger stochastischer Prozeß stattfindet, wird die Verwertung der beschriebenen Erscheinung für die Verformung der schwingenden Bewegung der Meereswellen in eine  
50 Drehbewegung wegen der komplizierten Abstimmung der Unwuchtdrehfrequenz auf die Schwingungsfrequenz der Achse der Unwuchtmasse bei Einwirkung von Meereswellenschwingungen erschwert.

Darüber hinaus ist dieses Verfahren kein Resonanzverfahren, weshalb die Effektivität der Energieentnahme in den nach diesem Verfahren arbeitenden Einrichtungen nicht hoch ist.

Außerdem ist eine Einrichtung (Zeitschrift "Vestnik mashinostroenia", Nr. 11, 1976, SS. 54 - 55, Beitrag "Mechanismus zur Umformung einer hin- und hergehenden Bewegung in eine Drehbewegung ohne kraftschlüssige Verbindung") bekannt, deren Funktion auf der Erscheinung einer gesteuerten dynamischen Resonanz beruht. Die die Resonanz gewährleistende Bedingung besteht in der Erzeugung einer gesteuerten Verbindung zwischen der umlaufenden Unwuchtmasse und der Außenschwingungsquelle bei Nachregelung der Parameter der Außenmediumschwingungen bzw. der Unwuchtmassenumlauffrequenz, was die Möglichkeit einer kontinuierlichen Überführung der Schwingungsenergie in die Drehbewegung der Unwuchtmasse zu realisieren erlaubt.

Bekannt ist ferner ein Verfahren zur Umformung der hin- und hergehenden Bewegung einer Unwuchtmasse in eine Drehbewegung derselben (SU, A, Nr. 1285183), das in zusätzlicher Abstimmung der Umlauffrequenz der der Unwuchtmasse auf die Schwingungsfrequenz ihrer Achse bei Welleneinwirkung durch Ändern der Exzentrizität des Unwuchtmassenmittelpunktes besteht, wobei abnehmender Schwingungsfrequenz die Exzentrizität vergrößert, bei abnehmender Frequenz aber verkleinert wird, sowie eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens, die eine Stütze enthält, auf der eine Unwuchtmasse mit Rollkörpern angeordnet ist, die auf dieser Stütze radial verschiebbar ist. Die Rollkörper wirken mit den mit der Unwuchtmasse gleichachsig angeordneten ringförmigen Führungen zusammen, die in Form von zwei abgeschnittenen, mit ihren größeren Grundflächen zueinander gekehrten Kegeln ausgeführt sind, die an ihren Seitenflächen ebene Abschnitte aufweisen, welche parallel zur Achse der Unwuchtmasse liegen, wobei auch ein Wellenparametergeber, eine Recheneinheit und eine Vorrichtung zur Verschiebung der Rollkörper längs der Achse der Unwuchtmasse vorhanden sind.

Die Entwicklung einer derartigen Anlage zur Durchführung des genannten Verfahrens hängt mit erheblichen Konstruktionstechnologischen Schwierigkeiten zusammen.

Es ist ein Verfahren zur Wellenenergieumformung auf der Basis der Erscheinung der gesteuerten dynamischen Resonanz bekannt, das in einer Anlage (JP, A, Nr.62-1106) realisiert ist, die einen auf einem Schwimmittel installierten Schwingungserzeuger, der zwei in Gegenphase rotierende Unwuchtmassen besitzt, sowie einen Geschwindigkeitsregler einschließt, der mittels Wellen mit Unwuchtmassen verbunden ist und in dem die Umlauffrequenz der Unwuchtmassen mit der Schwingungsfrequenz des Schwimmittels solcherweise synchronisiert wird, daß die Wirkung der Trägheitskräfte der umlaufenden Unwuchtmassen in Gegenphase mit den Schwimmittelschwingungen liegt. Dabei nimmt bei kleiner werdender Schwingungsfrequenz des Schwimmittels die Umlauffrequenz der Unwuchtmassen ab, und umgekehrt.

Das genannte Verfahren setzt das Gleichsein der Umlauffrequenz der Unwuchtmasse mit der Frequenz  $f$  der Meereswellenschwingungen voraus und zwar:

$$f = \frac{V_0}{2\pi R} \quad (1)$$

wo es bedeutet:

$V_0$  - lineare Bewegungsgeschwindigkeit des Unwuchtmassenmittelpunktes beim Umlauf;

$R$  - Drehungshalbmesser des Unwuchtmassenmittelpunktes.

Daraus kann die lineare Bewegungsgeschwindigkeit  $V_0$  der Unwuchtmasse ermittelt werden, bei der eine Synchronisation möglich ist:

$$V_0 = 2\pi R \cdot f \quad (2)$$

Außerdem gibt es eine weitere Bedingung, ohne deren Einhaltung kein Umlauf der Unwuchtmasse möglich ist.

Für den Umlauf der Unwuchtmasse im Schwerfeld der Erde ist es erforderlich, daß die kinetische Energie der Unwuchtmasse  $M$  die potentielle Energie, die zum Steigen des Unwuchtmassenmittelpunktes bis auf eine Höhe, die zwei Drehungshalbmessern des Massenmittelpunktes gleich ist, übertreffen würde, und zwar:

$$\frac{MV^2}{2} \geq M^2 g R, \quad (3)$$

woraus folgt:  $V = \sqrt{4gR} \quad (4)$

Andererseits muß die lineare Geschwindigkeit des Unwuchtmassenmittelpunktes beim Umlauf der linearen Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der umlaufenden Unwuchtmasse bei der Resonanz gleich sein, und zwar:

$$2\pi R \cdot f = \sqrt{4gR} \quad (5)$$

Daraus errechnet sich der Drehungshalbmesser P des Unwuchtmassenmittelpunktes:

$$R = \frac{g}{f^2} \quad (6)$$

Diese Bedingung legt die Abmessungen der Unwuchtmassen beim Schwingungserzeuger fest. Beispielsweise lassen sich die Abmessungen der Unwuchtmasse bei einem Wellengang mit der Stärke 5 folgenderweise ermitteln:

T = 6 s - Wellenperiode (f = 1/6 Hz);  
H = 3 m - Wellenhöhe (Wellenhöhe bei 3%iger Sicherheit 2,0 - 3,5 m).

$$R = \frac{9,8}{3,14^2 (1/6)^2} = 35 \text{ m}.$$

Die Schaffung von Unwuchtmassen derartiger Größe bereitet erhebliche technische Schwierigkeiten. Dabei führt diese Vergrößerung der Abmessungen der Unwuchtmassen zum beträchtlichen Ansteigen der Energieanlagenmasse.

Möglich ist eine Verkleinerung der Abmessungen der Unwuchtmassen bei der Anwendung von Schwungrädern mit im voraus aufgespeicherter mechanischer Energie, die die kinetische Energie der Unwuchtmasse um ein Mehrfaches übertrifft, für die Herbeiführung des Umlaufs der genannten Unwuchtmassen. Dies ist aber erreichbar, wenn die Masse der Schwungräder die Unwuchtmassen um ein Mehrfaches übersteigt, was die Energieanlage zusehens schwerer macht und die spezifische Leistung derselben beträchtlich herabmindert.

Darüber hinaus ist ein Verfahren zur Wellenenergieumformung mit Hilfe eines auf einem Schwimmmittel angeordneten Schwingungserzeugers ( /PCT/ SU 89/00303) bekannt, der mindestens eine Unwuchtmasse besitzt, die auf einer Achse um dieselbe drehbar angebracht ist. Die Achse mit der Unwuchtmasse wird über dem Schwimmmittel bis auf eine vorgegebene Höhe gehoben, es wird ein freier Fall der Achse mit der Unwuchtmasse von dieser Höhe herab bis zur Berührung der Achse mit dem Schwimmmittel bei in bezug auf das Schwimmmittel waagerechter Lage der Unwuchtmasse sowie bei Speicherung der Energie in dieser Unwuchtmasse gewährleistet, danach erfolgt die Energieentnahme bei der Drehung der Unwuchtmasse um deren Achse um einen Winkel von 180° und dem nachfolgenden Hochsteigen der Achse mit der Unwuchtmasse bei waagerechter Lage der letzteren, wobei der freie Fall der Achse mit der Unwuchtmasse bis zur Berührung mit dem Schwimmmittel und die Drehung der Unwuchtmasse während des Hochsteigens des Schwimmmittels auf der Welle stattfindet, so daß im Augenblick der Drehung der Unwuchtmasse die Summierung der durch die Unwuchtmasse bei deren freiem Fall aufgespeicherten Energie mit der Wellenenergie erfolgt, die über das Schwimmmittel zur Unwuchtmasse übertragen wird, während das Hochsteigen der Achse mit der Unwuchtmasse bis auf die vorgegebene Höhe und das Unterbringen der Unwuchtmasse in der Ausgangsstellung während des Wiedersteigens des Schwimmmittels auf der Welle geschehen, wobei bei kleiner werdender Schwingungsfrequenz des Schwimmmittels auf der Welle die Steighöhe der Achse mit der Unwuchtmasse größer, bei zunehmender Frequenz aber kleiner wird.

Das erwähnte Verfahren gestattet es, die Menge der in der Unwuchtmasse aufgespeicherten Energie beträchtlich zu vergrößern und sie bis zu einem Niveau von 180 - 200 J je Kilogramm (J/kg) der Unwuchtmasse in jeder Unwuchtschwingungsperiode zu bringen.

Bekannt ist ferner eine Wellenenergieanlage (/PCT/ SU 89/00303), die das genannte Verfahren realisiert und ein Schwimmittel, das im Schwimmzustand verbleibt und unter der Welleneinwirkung schaukelt, ein auf dem Schwimmittel befestigtes hohles Gehäuse, in dem ein Schwingungserzeuger mit den Unwuchtmassen untergebracht ist, einen elektrischen Generator, der die Energieentnahme von den Unwuchtmassen gewährleistet, sowie einen Trägheitskraftgeber enthält. Überdies schließt die Energieanlage im Gehäuse vorhandene vertikale Führungen ein, an denen der Schwingungserzeuger bewegbar angeordnet ist, der eine Stütze darstellt, auf der Unwuchtmassen um ihre Achse drehbar angebracht sind. Die Stütze ist an den vertikalen Führungen über dieselben hin- und herschiebbar montiert. Außerdem besitzt die Anlage eine Vorrichtung zur Fixierung und Begrenzung der Stützenverschiebung, die mit dem Trägheitskraftgeber verbunden ist.

Denkbar ist eine Ausführungsform der Wellenenergieanlage, in der als Unwuchtmassen elektrische Generatoren verwendet sind, welche auf zwei Lenkern um deren Achsen schwenkbar angebracht sind, wobei die Längsachsen der an der Stütze befestigten Mitnehmer zueinander und zur Längsachse der Stütze parallel sind, während auf den Ausgangswellen der Rotoren der elektrischen Generatoren Freilaufkupplungen und angetriebene Zahnräder angebracht sind, die mit den an der Stütze des Schwingungserzeugers befestigten Zahnrädern kinematisch verbunden sind.

Diese das genannte Verfahren realisierende Wellenenergieanlage besitzt einen höheren Wirkungsgrad als die bekannten Anlagen, jedoch erfolgt die Energieentnahme von der Unwuchtmasse in dieser Anlage nur während des Hochsteigens des Schwimmittels auf der Welle, so daß die Energie der herabfallenden Welle nicht verwertet wird.

#### Offenbarung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Wellenenergieumformung und eine umweltfreundliche, kompakte Wellenenergieanlage zur Durchführung desselben zu schaffen, in denen dank dem veränderten Prinzip der Zusammenwirkung des Schwimmittels mit dem Schwingungserzeuger in jeder der Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels auf der Welle sowie dank einer entsprechenden Änderung der Konstruktion der Wellenenergieanlage eine Erhöhung der Menge der vom Schwingungserzeuger aufgespeicherten Energie bei gleichzeitiger Vereinfachung der Konstruktion der Anlage gewährleistet wäre.

Die gestellte Aufgabe ist dadurch gelöst, daß das Verfahren zur Wellenenergieumformung mit Hilfe eines auf dem Schwimmittel installierten Schwingungserzeugers mit mindestens einer Unwuchtmasse, die eine Drehachse besitzt, darin besteht, daß man der Unwuchtmasse eine Anfangsgeschwindigkeit erteilt und eine Bewegung der Unwuchtmasse mit Beschleunigung auf einer vorgegebenen Bahn zur Aufspeicherung von Energie in derselben bewirkt, die eine volle Umdrehung der Unwuchtmasse um deren Drehachse beim Fortbewegen auf der vorgegebenen Bahn sowie eine Verschiebung der Drehachse der Unwuchtmasse in einer zum Schwimmittel so gut wie senkrechten Ebene unter Einwirkung des Schwimmittels während des Hochsteigens des letzteren auf der Welle umfaßt, wobei die Entnahme der in der Unwuchtmasse aufgespeicherten Energie während des Hochsteigens des Schwimmittels auf der Welle stattfindet, erfindungsgemäß während jeder Periode des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels auf der Welle die Unwucht sich mehr als einmal um ihre Achse dreht, während die Drehachse der Unwuchtmasse unter Einwirkung und in der Einwirkungsrichtung des Schwimmittels mehrmals verschoben wird, wobei während einer jeden vollen Umdrehung der Unwuchtmasse um ihre Achse innerhalb vorgegebener Zeitintervalle mindestens eine Verschiebung der Drehachse der Unwuchtmasse erfolgt und bei jedem Wechsel der Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels auf der Welle die Verschiebungsrichtung der Drehachse der Unwuchtmasse unter Aufrechterhaltung der in der Unwuchtmasse aufgespeicherten Energie umgekehrt wird, wobei die Energieentnahme von der Unwuchtmasse zusätzlich während der Periode des Niedersteigens des Schwimmittels auf der Welle vorgenommen wird.

Zweckmäßigerweise wird bei jeder vollen Umdrehung der Unwuchtmasse um ihre Achse die einmalige Verschiebung der Drehachse der Unwuchtmasse während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels auf der Welle innerhalb eines Zeitintervalls ausgeführt, das einer Drehung der Unwuchtmasse vorwiegend um den Winkel von 0 bis 180°, während der Periode des Niedersteigens des Schwimmittels auf der Welle aber einer Drehung der Unwuchtmasse vorwiegend um den Winkel von 180 bis 360° entspricht, wobei die Drehachse der Unwuchtmasse innerhalb des Zeitintervalls, das einer Drehung der Unwuchtmasse während des Hochsteigens des Schwimmittels auf der Welle vorwiegend um den Winkel von 180 bis 360°, während des Niedersteigens des Schwimmittels auf der Welle aber einer Drehung vorwiegend um den Winkel von 0 bis 180° entspricht, im wesentlichen unbeweglich bleibt.

Dieses Verfahren, bei dem dank der mehrfachen Zusammenwirkung der Achse der umlaufenden Unwuchtmass des Schwingungserzeugers mit dem Schwimmittel während jeder seiner Steig- und Sinkperioden sowie dank der Aufrechterhaltung (bei jedem Wechsel der Steig- und Sinkperioden des Schwimmittels) der in der Unwuchtmass in der vorhergehenden Periode aufgespeicherten Energie eine wesentliche  
 5 Erhöhung der in der Unwuchtmass aufgespeicherten Energiemenge gegenüber den bekannten Verfahren und dem Prototyp gewährleistet wird, gestattet es, die Menge der dem Schwingungserzeuger entnommenen Energie zu vergrößern.

Die gestellte Aufgabe wird auch dadurch gelöst, daß die Wellenenergieanlage zur Durchführung des Verfahrens zur Wellenenergieumformung, die ein Schwimmittel, das im Schwimmzustand verbleibt und  
 10 unter der Welleneinwirkung schaukelt, einen Rahmen, der auf dem Schwimmittel in einer zum Schwimmittel so gut wie senkrechten Ebene befestigt und von oben und von unten durch Anschläge begrenzt ist, einen Schwingungserzeuger, auf dessen beweglicher Stütze Unwuchtmassen in einer zum Schwimmittel so gut wie senkrechten Ebene um ihre Achse drehbar angeordnet sind und der am Rahmen derart befestigt ist, daß er über denselben in einer zum Schwimmittel so gut wie senkrechten Ebene hin- und verschiebbar ist,  
 15 sowie einen elektrischen Generator zur Entnahme der Energie von den Unwuchtmassen enthält, erfindungsgemäß mit mindestens einer Führung ausgestattet ist, die in der Schwimmittelnähe so gut wie senkrecht zu diesem angeordnet ist und die Wellenschwingungen nur minimal aufnimmt, wobei auf dieser Führung in einer zum Rahmen senkrechten Ebene verschiebbar ein Mittel zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze des Schwingungserzeugers angebracht ist, das den Abstand zwischen den am Rahmen  
 20 liegenden Anschlägen so gut wie halbiert.

Diese konstruktive Ausführung der Wellenenergieanlage gestattet es, bei Einwirkung des Schwimmittels auf den Schwingungserzeuger eine mehrmalige Verschiebung der beweglichen Stütze des Schwingungserzeugers mit den auf derselben angeordneten Drehachsen der Unwuchtmassen zu gewährleisten, wodurch die Aufspeicherung der Energie in diesen Unwuchtmassen bei jeder Drehung der Unwuchtmass um ihre  
 25 Achse erfolgt. Dabei gestatten es die an den vertikalen Führungen angebrachten Mittel zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze dadurch, daß sie die Wellenschwingungen minimal aufnehmen und mit der beweglichen Stütze periodisch zusammenwirken, bei wechselnden Perioden des Hochsteigens und Niedersteigens des Schwimmittels auf der Welle die in der Unwuchtmass während der vorhergehenden Periode aufgespeicherte Energie während dieser beiden Steig- und Sinkperioden aufrechtzuerhalten. Diese  
 30 konstruktive Ausführung der Wellenenergieanlage, in der die Aufspeicherung und Entnahme der Energie sowohl während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels auf der Welle wie auch während der Periode des Niedersteigens desselben erfolgt, ermöglicht eine wesentliche Erhöhung der Menge der dem Schwingungserzeuger entnommenen Energie gegenüber den bekannten technischen Lösungen.

Die gestellte Aufgabe wird auch dadurch gelöst, daß die Wellenenergieanlage zur Durchführung des  
 35 Verfahrens zur Wellenenergieumformung, die ein Schwimmittel, das im Schwimmzustand verbleibt und unter der Welleneinwirkung schaukelt, einen Schwingungserzeuger, der mit dem Schwimmittel lösbar verbunden ist, sich relativ zu demselben in einer zum Schwimmittel so gut wie senkrechten Ebene hin- und hergehend verschiebt und eine bewegliche Stütze besitzt, auf der Unwuchtmassen um ihre Achsen drehbar angeordnet sind, sowie einen elektrischen Generator zur Entnahme der Energie von den Unwuchtmassen  
 40 enthält, erfindungsgemäß mit mindestens zwei vertikalen Führungen ausgestattet ist, die das Schwimmittel umfassen, in einer zum Schwimmittel so gut wie senkrechten Ebene angeordnet sind und mit dem Wassermittel unter minimaler Aufnahme der Wellenschwingungen kontaktieren, wobei zwischen den vertikalen Führungen ein Schwingungserzeuger längs derselben hin- und herschiebbar angeordnet ist, und außerdem ein Mittel zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze des Schwingungserzeugers vorgesehen ist, das mindestens zwei Hydraulikzylinder einschließt, die mit der beweglichen Stütze des Schwingungserzeugers verbunden sind, wobei der Kolben eines der Hydraulikzylinder mit dem Schwimmittel, der Kolben des anderen aber mit den vertikalen Führungen verbunden ist und die Zylinderräume eines jeden Hydraulikzylinders durch ein Längsschieberventil verbunden sind, das mit den Drehachsen der Unwuchtmassen kinematisch verbunden ist.

Diese konstruktive Ausführung der Wellenenergieanlage gestattet es, die Energie in den Unwuchtmassen während einer jeden Drehung der Unwuchtmassen um ihre Achsen aufzuspeichern. Dabei gestattet es das Mittel zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze, das die Fixierung bzw. Trennung der beweglichen Stütze vom Schwimmittel bzw. von den vertikalen Führungen, die die Wellenschwingungen  
 50 minimal aufnehmen, in regelmäßigen Zeitabständen vornimmt, geradlinige Bewegungsbahnabschnitte der Unwuchtmassen bei der Zusammenwirkung der Drehachse der Unwuchtmassen mit dem Schwimmittel so gut wie auszuschließen und die Umlauffrequenz der Unwuchtmassen sowie die Anzahl der Zusammenwir-



kungen der beweglichen Stütze des Schwingungserzeugers mit dem Schwimmitel unter Erhaltung nach einem jeden Wechsel der Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmitels auf der Welle der während der vorhergehenden Periode in den Unwuchtmassen aufgespeicherten Energie zu erhöhen.

Diese konstruktive Ausführung der Wellenenergieanlage, die die Aufspeicherung und Entnahme der Energie sowohl während der Perioden des Hochsteigens als auch während der Periode Niedersteigens des Schwimmitels auf der Welle vornimmt, ermöglicht eine beträchtliche Erhöhung der Menge der dem Schwingungserzeuger entnommenen Energie gegenüber den bekannten technischen Lösungen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im folgenden wird die Erfindung an Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf beiliegenden Zeichnungen erläutert, in denen es zeigt:

Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 die schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Wellenenergieanlage, die das Verfahren zur Wellenumformung realisiert;

Fig. 7 eine der möglichen Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Wellenenergieanlage;

Fig. 8 einen Schnitt nach Linie VIII - VIII der Fig.7;

Fig. 9 eine weitere mögliche Ausführungsform der erfindungsgemäßen Wellenenergieanlage.

#### Beste Ausführungsformen der Erfindung

Das Verfahren zur Umwandlung der Wellenenergie in eine nutzbare Energieform besteht darin, daß auf einem Schwimmitel 1 (Fig. 1) ein Schwingungserzeuger 2 (in der Zeichnung durch gestrichelte Linien angedeutet) mit einer Unwuchtmasse 3 angeordnet wird, die um ihre eigene Achse 4 drehbar ist. Die Achse 4 ist auf einer beweglichen Stütze 5 angebracht, die in bezug auf eine feststehende Stütze 6 hin- und herverschiebbar ist; im Wassermedium werden dabei mindestens zwei vertikale Führungen 7 untergebracht, die die Wellenschwingungen minimal aufnehmen und mit dem Schwingungserzeuger 2 zusammenwirken. Außerdem wird an den Führungen 7 ein Mittel 8 zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze 5 des Schwingungserzeugers 2 angebracht.

Nachstehend sollen physikalische Prozesse betrachtet werden, die bei der Umwandlung der Wellenenergie in die kinetische Rotationsenergie der Unwuchtmasse 3 ablaufen.

Das Mittel 8 zur periodischen Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze 5 ist ausgefahren.

Erfindungsgemäß wird die Achse 4 (Fig. 1) mit der Unwuchtmasse 3 über dem Schwimmitel 1 bis auf eine vorgegebene Höhe  $L_0$  hochgehoben (d. h. also, daß der Unwuchtmasse 3 eine für ihre Anfangsbewegung benötigte Energie erteilt wird), wobei die bewegliche Stütze 5 am Begrenzungsmittel 8 anliegt und die Unwuchtmasse 3 in bezug auf das Schwimmitel 1 waagrecht angeordnet wird. In dieser Stellung beträgt die potentielle Energie der Unwuchtmasse 3:

$$E_p = M \cdot g \cdot L_0, \quad (7)$$

wo es bedeutet:

M - die Masse der Unwucht 3;

g - die Fallbeschleunigung des Körpers.

Im Augenblick des Hochsteigens des Schwimmitels 1 auf der Welle wird ein freier Fall der Unwuchtmasse 3 von der Höhe  $L_0$  herab bis zur Berührung der beweglichen Stütze 5 mit der feststehenden Stütze 6 eingeleitet, die auf dem Schwimmitel 1 angeordnet ist (die Lage der Unwuchtmasse 3 ist durch eine Vollinie A angedeutet). Beim Fallen der Unwuchtmasse 3 von der Höhe  $L_0$  herab findet das Aufspeichern der Energie in der Unwuchtmasse 3 statt. Dabei geht die aufgespeicherte potentielle Energie der Unwuchtmasse 3 in die kinetische Energie  $E_k$  über, die beträgt:

$$E_k = E_I = \frac{M V_0^2}{2}, \quad (8)$$

wo es bedeutet:

$V_0$  - die lineare Anfangsgeschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3, die beträgt:

$$V_0 = \sqrt{2L_0 \cdot g^{1/2}},$$

$E_1$  - die Menge der in der Unwuchtmasse 3 aufgespeicherten Energie vor dem Beginn der Drehung derselben um die Achse 4 (Linie A).

Da sich das Schwimmittel 1 gemeinsam mit der feststehenden Stütze 6 mit einer Geschwindigkeit  $W$  entgegen der herabfallenden Unwuchtmasse 3 bewegt, so beträgt die lineare Geschwindigkeit  $V_1$  desselben im Augenblick der Berührung der feststehenden Stütze 6 mit der Achse 4:

$$V_1 = V_0 + W \quad (10)$$

Mit derselben Geschwindigkeit setzt die Drehbewegung der Unwuchtmasse 3 um die Achse 4 mit dem Halbmesser  $R$  ein. Bei einer Drehung der Unwuchtmasse 3 um ihre Achse 4 um den Winkel von  $0$  bis  $180^\circ$  kommt es unter Einwirkung des auf der Welle hochsteigenden Schwimmittels 1 zur Verschiebung der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3, wobei die Unwuchtmasse 4 eine horizontale Lage auf der zur Achse 4 entgegengesetzten Seite einnimmt (die gestrichelte Linie B der Lage der Unwuchtmasse 3). Da sich die feststehende Stütze 6 mit dem Schwimmittel 1 mit einer Geschwindigkeit  $W$  bewegen, beträgt die absolute lineare Geschwindigkeit  $V_2$  des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3:

$$V_2 = V_0 + 2W \quad (11)$$

Die Menge der in der Unwuchtmasse 3 aufgespeicherten Energie  $E_2$  nach deren Übergang aus der einen horizontalen Stellung (Vollinie A) in die andere horizontale Stellung (gestrichelte Linie B) beträgt:

$$E_2 = \frac{M (V_0 + 2W)^2}{2} \quad (12)$$

Die in der Unwuchtmasse 3 bei deren freiem Fall bis zur Berührung der beweglichen Stütze 5 mit dem Schwimmittel 1 aufgespeicherte Energie beträgt zusammen mit der Wellenenergie, die über das Schwimmittel 1 auf die Unwuchtmasse 3 bei deren Drehung um ihre Achse 4 um einen Winkel von  $180^\circ$  übertragen wird:

$$E_3 = \frac{M (V_0 + 2W)^2}{2} - \frac{M V_0^2}{2}, \quad (13)$$

woraus folgt:

$$E_3 = 2M \cdot W(V_0 + W) \quad (14)$$

Danach wird aufgrund von Trägheitskräften das Hochsteigen der Achse 3 mit der Unwuchtmasse 4 bei horizontaler Lage der letzteren bis zur Berührung der beweglichen Stütze 5 des Schwingungserzeugers 2 mit dem Mittel 8 zur Begrenzung seiner Aufwärtsbewegung gewährleistet.

Da das Schwimmittel 1 dabei weiter hochsteigt und das Mittel 8 zur Begrenzung der Verschiebung des Schwingungserzeugers 2 unbeweglich bleibt, nimmt der Abstand  $L_0$  zwischen der oberen und der unteren Stellung ( $O_1, O_2$ ) der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 ab. Zugleich nimmt infolge der kleiner werdenden Länge der geradlinigen Bewegungsabschnitte des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 die Zeit einer vollen Umdrehung der Unwuchtmasse 3 um ihre Achse 4 ab, d.H. die Umlauffrequenz der Unwuchtmasse 3 um ihre Achse 4 und somit die gesamte Umdrehungszahl der Unwuchtmasse während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle nehmen zu.

Nachdem die bewegliche Stütze 5 mit der Unwuchtmasse 3 das Mittel 8 zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze 5 (gestrichelte Linie C) erreicht hat, dreht sich die Unwuchtmasse 3 aufgrund von Trägheitskräften um den Winkel von  $180$  bis  $360^\circ$  um die Achse 4 und nimmt die Ausgangsstellung auf der zur Drehachse 4 entgegengesetzten Seite (gestrichelte Linie D) ein, von wo ihr Fallen erneut beginnt.

Also wird der während des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle ablaufende Zyklus, der die Verschiebung der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 unter Einwirkung des Schwimmittels 1, das Hochsteigen der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 bis auf eine vorgegebene Höhe, die Rückkehr der Unwuchtmasse 3 in die Ausgangsteilung und das darauffolgende Fallen derselben einschließt, mehrmals wiederholt.  
 5 Dabei bewegt sich der Massenmittelpunkt der Unwuchtmasse 3 auf einer vorgegebenen Bahn 9.

Es soll nun die Geschwindigkeitsänderung des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 und die Energieänderung der Unwuchtmasse 3 bei kleiner werdendem Abstand L zwischen der oberen und unteren Stellung O<sub>1</sub> und O<sub>2</sub> der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 im oberen und unteren Punkt der Drehung der Unwuchtmasse 3 während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle ermittelt  
 10 werden. Der maximale Wert von L entspricht der Schwingungsamplitude L<sub>0</sub> des Schwimmittels 1. Da während eines jeden Drehungszyklus der Unwuchtmasse 3 um den Winkel von 0 bis 180° die Unwuchtmasse 3 eine Geschwindigkeitszunahme dank der Verschiebung der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 unter Einwirkung des Schwimmittels 1 erhält, die  $\Delta V = 2 W$  beträgt, und während eines jeden Drehungszyklus der Unwuchtmasse 3 um den Winkel von 180 bis 360° die Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der  
 15 Unwuchtmasse 3 keine Änderung erfährt, ist demgemäß die Geschwindigkeitsänderung des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 zur Umdrehungszahl der Unwuchtmasse 3 um den Winkel von 0 bis 360° während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels 1 proportional:

$$20 \quad dv = 2 W \cdot \frac{Vdt}{2L} \quad (15)$$

Indem man die Beziehung zwischen der Steiggeschwindigkeit des Schwimmittels 1 und dem Abstand  
 25 zwischen den Punkten O<sub>1</sub> und O<sub>2</sub> der Drehung der Unwuchtmasse 3 zugrundelegt, erhält man:

$$W = -\frac{d}{dt}, \quad (16)$$

$$30 \quad \frac{dv}{dt} = -\frac{d}{L} \quad (17)$$

Beim Integrieren der Gleichung (17) erhält man eine Gleichung für die Geschwindigkeit und die kinetische Energie der Unwuchtmasse 3:

$$35 \quad \frac{V}{V_0} = \frac{L_0}{L} \quad (18)$$

$$40 \quad \frac{E}{E_0} = \left[ \frac{L_0}{L} \right]^2, \quad (19)$$

wo es bedeutet:

- L<sub>0</sub> - den (maximalen) Anfangsabstand zwischen der oberen und der unteren Lage der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3;
- 45 V<sub>0</sub> - die Anfangsgeschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3;
- E<sub>0</sub> - die kinetische Anfangsenergie der Unwuchtmasse 3.

Daraus folgt, daß bei ausreichend großer Verringerung des Abstandes zwischen der oberen und unteren Lage der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 ( $L \ll L_0$ ) die Energie E der Unwuchtmasse 3 einen sehr großen Wert ( $E \gg E_0$ ) erreichen kann.

Bei nachfolgendem Abfallen der Wellenfront wird die Bewegungsrichtung des Schwimmittels 1 umgekehrt. Das Schwimmittel 1 sinkt mit einer Geschwindigkeit W herab, und der Abstand zwischen der oberen und der unteren Lage der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 beginnt größer zu werden. Dies kann die rückwärtige Energieübertragung von der Unwuchtmasse 3 auf das Schwimmittel 1 veranlassen.

Zur Vermeidung dieses nachteiligen Effektes wird im Augenblick des Hochsteigens der Unwuchtmasse  
 55 3 (Fig. 2) das Mittel 8 zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze 5 mit der Unwuchtmasse 3 weggenommen, und die bewegliche Stütze 5 mit der Unwuchtmasse 3 steigt bei horizontaler Lage der letzteren so lange hoch, bis die bewegliche Stütze 5 des Schwingungserzeugers 2 die obere feststehende Stütze 6 des Schwimmittels 1 (gestrichelte Linie E) erreicht hat.

Nachdem die bewegliche Stütze 5 die feststehende Stütze 6 erreicht hat, dreht sich die Unwuchtmasse 3 aufgrund von Trägheitskräften um den Winkel von 180 bis 360° um die Achse 4 und nimmt die Ausgangslage auf der bezüglich der Achse 4 entgegengesetzten Seite (Vollinie F) ein, von wo ihr Fallen erneut beginnt. Da die feststehende Stütze 6 gemeinsam mit dem Schwimmittel 1 mit einer Geschwindigkeit W herabsinkt, so erhält der Massenmittelpunkt der Unwuchtmasse 3 zum Zeitpunkt der Einnahme der Ausgangsstellung (Vollinie F) eine Geschwindigkeitszunahme  $\Delta V = 2 W$ .

Vor dem Augenblick der Drehung der Unwuchtmasse 3 um die Achse 4 um den Winkel von 180 bis 360° wird das Mittel 8 zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze 5 ausgefahren, wodurch die bewegliche Stütze 5 des Schwingungserzeugers 2 nach dem erfolgten freien Fall zur Anlage am Mittel 8 zur Begrenzung der Bewegungen der beweglichen Stütze 5 (gestrichelte Linie G) kommt.

Ferner dreht sich die Unwuchtmasse 3 aufgrund von Trägheitskräften um den Winkel von 0 bis 180° um die Achse 4 und nimmt die horizontale Lage auf der bezüglich der Achse 4 entgegengesetzten Seite (gestrichelte Linie J) ein.

Da das Schwimmittel 1 mit der feststehenden Stütze 6 weiter herabsinkt und das Mittel 8 zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze 5 des Schwingungserzeugers 2 keine Wellenschwingungen aufnimmt, so nimmt der Abstand  $L_0$  zwischen der oberen und der unteren Lage der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 ab.

Des weiteren beginnt die Unwuchtmasse 3, sich aus der horizontalen Lage (gestrichelte Linie J) unter Einwirkung von Trägheitskräften nach oben bis zum Kontakt der beweglichen Stütze 5 des Schwingungserzeugers 2 mit der feststehenden Stütze 6 (gestrichelte Linie E) zu bewegen.

Somit wiederholen sich während des Niedersteigens des Schwimmittels 1 der Steigzyklus der Drehachse 4 mit der Unwuchtmasse 3 bis auf die vorgegebene Höhe, die Einnahme der Ausgangsstellung durch die Unwuchtmasse 3 und das Fallen derselben vielfach. Dabei bewegt sich der Massenmittelpunkt der Unwuchtmasse 3 auf einer geschlossenen Bahn 10.

Also ist die Unwuchtmasse 3 des Schwingungserzeugers 2 bei einem jeden Wechsel der Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle imstande, die während der vorhergehenden Periode aufgespeicherte Energie aufrechtzuerhalten und die Energie bei jeder nachfolgenden Bewegung der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 unter Einwirkung des Schwimmittels 1 sowohl während der Periode des Hochsteigens als auch während der Periode des Niedersteigens desselben auf der Welle immer weiter zu speichern.

Die Effektivität der vorgeschlagenen technischen Lösung kann man an einem konkreten Beispiel bei folgenden Ausgangsparametern veranschaulichen. Die Masse M der Unwucht 3 wird gleich 1000 kg angesetzt, der Drehungshalbmesser R des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 auf der Achse 4 gleich 1 m, der Anfangsabstand zwischen der oberen und unteren Stellung der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 gleich 5 m, der Endabstand zwischen der oberen und unteren Stellung der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 gleich 2 m. Die lineare Ausgangsgeschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3, bei deren Erreichen die Energieentnahme von der Unwuchtmasse 3 beginnt, wird dabei gleich 50 m/s, die mittlere Steighöhe der Welle bei einem Wellengang mit der Stärke 5 gleich 3 m angesetzt.

Die Menge der in der Unwuchtmasse 3 während einer Periode des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle aufgespeicherten Energie wird aus einer folgenden Beziehung (19) ermittelt:

$$E_0 = \frac{M \cdot V_c^2}{2} = \frac{1 \cdot 10^3 / 50^2}{2} = 1,25 \cdot 10^0 \text{ J},$$

$$\frac{L_0}{L} = \frac{5}{2} = 2,5,$$

$$E = E_0 / \frac{L_0}{L}^2 = 1,25 \cdot 10^0 / 2,5^5 = 7,8 \cdot 10^0 \text{ J}.$$

Dann verdoppelt sich die Menge der in der Unwuchtmasse 3 während der beiden Perioden (Hochsteigen und Niedersteigen) des Schwimmittels 1 auf der Welle 1 aufgespeicherten Energie und beträgt demnach:

$$2 E = 2 \cdot 7,8 \cdot 10^0 \text{ J} = 15,6 \cdot 10^0 \text{ J}.$$

Also ist aus den angeführten Überlegungen und analytischen Formeln zu ersehen, daß die Verwertung des Effektes der mehrmaligen Verschiebung der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 unter Einwirkung des Schwimmittels 1 in regelmäßigen Zeitabständen während einer jeden Periode des Hochsteigens und Wiedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle es gestattet, die Menge der aufgespeicherten Energie gegenüber den bisher bekannten technischen Lösungen erheblich zu vergrößern, wobei die Umkehr der Bewegungsrichtung der Drehachse 4 mit der Unwuchtmasse 3 bei einem jeden Wechsel der Perioden des Hochsteigens und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle die Möglichkeit bietet, die in der Unwuchtmasse 3 während der vorhergehenden Periode aufgespeicherte Energie aufrechtzuerhalten und eine Vergrößerung der Menge der dem Schwingungserzeuger 2 entnommenen Energie sicherzustellen.

Eine weitere Realisierungsmöglichkeit des Verfahrens zur Umwandlung der Wellenenergie in eine nutzbare Energieform besteht darin, daß auf dem Schwimmittel 1 (Fig. 3) der Schwingungserzeuger 2 (in der Zeichnung durch gestrichelte Linien angedeutet) mit der Unwuchtmasse 3 angeordnet wird, die auf der beweglichen Stütze 5 um die Achse 4 drehbar angebracht ist. Im Wassermedium aber werden außerhalb des Schwimmittels 1 mindestens zwei vertikale Führungen 7 angeordnet, die die Wellenschwingungen minimal aufnehmen und mit dem Schwingungserzeuger 2 zusammenwirken. Darüber hinaus werden an den vertikalen Führungen 7 und auf dem Schwimmittel 1 jeweilige Vorrichtungen 11 und 12 zur Fixierung der beweglichen Stütze 5 zwecks periodischer Verbindung bzw. Trennung der beweglichen Stütze 5 von den vertikalen Führungen 7 und vom Schwimmittel 1 angebracht.

Es sollen nun physikalische Prozesse, die bei der Umformung der Wellenenergie in die kinetische Bewegungsenergie der Unwuchtmasse 3 unter Einwirkung des Schwimmittels 1 ablaufen, sowie ein entsprechendes Schema der Energieaufspeicherung (Fig. 3, 4, 5, 6) betrachtet werden.

Erfindungsgemäß wird dem Massenmittelpunkt der Unwuchtmasse 3 eine Anfangsbewegungsgeschwindigkeit  $V_0$  erteilt.

Danach wird während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle (Fig. 3) im Anfangsaugenblick der Drehung der Unwuchtmasse 3 um den Winkel von  $0^\circ$  (Vollinie K) bis  $180^\circ$  mit Hilfe der Vorrichtung 12 zur Fixierung der beweglichen Stütze 5 diese bewegliche Stütze 5 am Schwimmittel 1 fixiert und gleichzeitig mit Hilfe der Fixiervorrichtung 11 die starre mechanische Verbindung der beweglichen Stütze 5 mit den vertikalen Führungen 7 gelöst. Im Ergebnis vorgenommener Handlungen steigt die bewegliche Stütze 5 mit dem Schwimmittel 1 mit einer Steiggeschwindigkeit des Schwimmittels 1 auf der Welle, die gleich  $W$  ist, hoch. Dabei nimmt die lineare Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 um den Faktor 2 (im vorstehenden bereits beschrieben) zu und wird bei der Drehung der Unwuchtmasse um  $180^\circ$  (gestrichelte Linie N) gleich  $V_0 + 2W$ .

Bei weiterer Drehung der Unwuchtmasse 3 (Fig. 4) um die Achse 4 um den Winkel von  $180$  bis  $360^\circ$  wird im Anfangsaugenblick der Drehung (Vollinie U) mit Hilfe der Vorrichtung 12 die starre mechanische Verbindung der beweglichen Stütze 5 mit dem Schwimmittel 1 gelöst und gleichzeitig mit Hilfe der Fixiervorrichtung 11 die bewegliche Stütze 5 an den vertikalen Führungen 7 fixiert.

Im Ergebnis der vorgenommenen Handlungen wird innerhalb dieses Zeitintervalls eine gemeinsame Bewegung der beweglichen Stütze 5 mit dem Schwimmittel 1 sowie die Übertragung der Energie von der umlaufenden Unwuchtmasse 3 zurück zum Schwimmittel 1 verhindert.

Dadurch, daß die bewegliche Stütze 5 in diesem Zeitintervall an den vertikalen Führungen 7 fixiert ist, die im Wassermedium derart angeordnet sind, daß sie die Wellenschwingungen nur minimal aufnehmen, dreht sich die Unwuchtmasse 3 um die Achse 4 um den Winkel von  $180$  bis  $360^\circ$  (gestrichelte Linie P) mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit, die  $V_0 + 2W$  beträgt.

Bei weiterer Drehung der Unwuchtmasse 3 um den Winkel von  $0$  bis  $180^\circ$  und weiter von  $180$  bis  $360^\circ$  wiederholen sich die vorbeschriebenen Operationen und deren Aufeinanderfolge vielfach.

Also vollführt die Unwuchtmasse 3 während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle mehrmalige volle Umdrehungen um die Achse 4, die sich unter Einwirkung des Schwimmittels 1 vielfach bewegt, wobei die lineare Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 während jeder vollen Umdrehung Zunahmen erhält und einen Betrag von  $V = V_0 + 2W \cdot n$  erreicht, wo  $n$  die Zahl der vollen Umdrehungen der Unwuchtmasse 3 um die Achse 4 bedeutet.

Während der Periode des Herabsinkens des Schwimmittels 1 (Fig. 5) auf der Welle verläuft der Prozeß der Energieaufspeicherung in der Unwuchtmasse 3 in ähnlicher Weise.

So wird im Anfangsaugenblick der Drehung der Unwuchtmasse 3 um den Winkel von  $0^\circ$  (Vollinie S) bis  $180^\circ$  die bewegliche Stütze 5 mit Hilfe der Fixiervorrichtung 11 an den vertikalen Führungen 7 fixiert und gleichzeitig mit Hilfe der Fixiervorrichtung 12 die starre mechanische Verbindung der beweglichen Stütze 5 mit dem Schwimmittel 1 gelöst.

Im Ergebnis der vorgenommenen Handlungen wird in diesem Zeitintervall eine gemeinsame Bewegung der beweglichen Stütze 5 mit dem Schwimmmittel 1 und die Übertragung der Energie von der umlaufenden Unwuchtmasse 3 zurück zum Schwimmmittel 1 verhindert.

Dadurch, daß die bewegliche Stütze 5 in diesem Zeitintervall an den vertikalen Führungen 7 fixiert ist, die im Wassermittelum solcherweise angeordnet sind, daß sie die Wellenschwingungen nur minimal aufnehmen, dreht sich die Unwuchtmasse 3 um die Achse 4 um den Winkel von 180 bis 360° (gestrichelte Linie T) mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit, die  $V = V_0 + 2 Wn$  beträgt.

Bei weiterer Drehung der Unwuchtmasse 3 (Fig. 6) um den Winkel von 180 bis 360° um die Achse 4 wird die bewegliche Stütze 5 im Anfangs Augenblick der Drehung (Vollinie Q) mit Hilfe der Fixiervorrichtung 12 am Schwimmmittel 1 fixiert und gleichzeitig mit Hilfe der Fixiervorrichtung 11 die starre mechanische Verbindung der beweglichen Stütze 5 mit den vertikalen Führungen 7 gelöst.

Im Ergebnis der vorgenommenen Handlungen sinkt die bewegliche Stütze 5 mit dem Schwimmmittel 1 in diesem Zeitintervall mit der Sinkgeschwindigkeit des Schwimmmittels 1, die  $W$  beträgt, herab. Dabei nimmt die lineare Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 um den Betrag  $2W$  zu und wird gleich  $V + 2W$ .

Also nimmt die lineare Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 bei mehrmaliger Wiederholung dieser Operationen während einer jeden Drehung der Unwuchtmasse 3 um den Winkel von 0 bis 360° um den Betrag  $2W$  zu. Die Gesamtzunahme der linearen Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 während einer Periode des Hochsteigens bzw. Niedersteigens des Schwimmmittels 1 beträgt dabei:

$$\Delta V = 2n W, \quad (20)$$

wo  $n$  die Zahl der Umdrehungen der Unwuchtmasse 3 um die Achse 4 während einer Periode des Hochsteigens bzw. Niedersteigens des Schwimmmittels 1 auf der Welle bedeutet.

Die Menge der in der Unwuchtmasse 3 aufgespeicherten Energie beträgt dabei:

$$E = E_K - E_0, \quad (21)$$

wo

$$E_0 = \frac{M V_0^2}{2}$$

die kinetische Anfangsenergie der Unwuchtmasse 3 ist;

$$E_K = \frac{M (V_0 + 2Wn)^2}{2}$$

die kinetische Endenergie der Unwuchtmasse 3 ist und  $M$  die Masse der Unwucht 3 bedeutet.

Hieraus ergibt sich:

$$\begin{aligned} \Delta E &= \frac{M(V_0 + 2Wn)^2}{2} - \frac{M V_0^2}{2} = \\ &= 2 M \cdot W \cdot n (V_0 + Wn). \end{aligned} \quad (22)$$

Die dargestellte Ausführungsvariante des Verfahrens zur Wellenenergieumformung gestattet es, dank der Einwirkung des Schwimmmittels 1 die Verschiebungen der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 2 streng innerhalb der vorgegebenen Zeitintervalle vorzunehmen, die den bestimmten Bewegungsbahnabschnitten 9', 10' (Fig. 3, 4, 5, 6) der Unwuchtmasse 3 um die Achse 4 entsprechen, was es gestattete, die geradlinigen Bewegungsbahnabschnitte 9, 10 des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 um die Achse 4 auszuschließen und somit die Zeit der vollen Umdrehung der Unwuchtmasse 3 um die Achse 4 zu verkürzen und die Umlauffrequenz der Unwuchtmasse 3 gegenüber den bisher bekannten technischen

Lösungen zu erhöhen. Dies führt wiederum zur Vergrößerung der Zahl der Bewegungen der Drehachse 4 der Unwuchtmasse 3 in den rechnerischen Bewegungsbahnabschnitten der Unwuchtmasse 3 um die Achse 4 und somit zur Erhöhung der Menge der dem Schwingungserzeuger 2 während jeder Periode des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle entnommenen Energie.

5 In den im vorstehenden beschriebenen Verfahren zur Umformung der Wellenenergie in eine Drehbewegung der Unwuchtmasse erfolgte die Betrachtung zwecks leichteren Verständnisses der physikalischen Prozesse am Beispiel nur einer Unwuchtmasse. Jedoch sei bemerkt, daß die Durchführung des Verfahrens zur Wellenenergieumformung mit Hilfe eines auf einem Schwimmittel 1 angeordneten Schwingungserzeugers 2, die eine Unwuchtmasse (insbesondere eine große Unwuchtmasse) besitzt, zur Störung des  
10 Schwimittelgleichgewichts führen kann, weshalb man eine gerade Zahl von Unwuchtmassen benutzt, die sich auf einer vorgegebenen Bahn bewegen und in Gegenphase miteinander umlaufen, wobei jedes nächstfolgendes Paar von Unwuchtmassen die Stabilität des Schwimmittels erhöht. Daher soll bei weiterer Beschreibung der Konstruktionen von Wellenenergieanlagen eine gerade Zahl von Unwuchtmassen zugrundegelegt werden.

15 Bei der Anwendung von drei Unwuchtmassen im Schwingungserzeuger wählt man die Masse der zwei Unwuchtmassen derselben gleich der Masse der dritten Unwucht, wobei der freie Fall und das Hochsteigen der Unwucht mit größerer Masse bis auf die vorgegebene Höhe nahezu synchron mit den zwei übrigen Unwuchtmassen erfolgt, während die Drehung der größeren Unwuchtmasse um die Drehachse in Gegenphase mit den zwei übrigen Unwuchtmassen stattfindet.

20 Im nachstehenden sollen konkrete Ausführungsformen von diese Verfahren realisierenden Wellenenergieanlagen beschrieben werden.

Die erfindungsgemäße Wellenenergieanlage enthält ein Schwimmittel 1 (Fig. 7), das sich im Schwimmzustand befindet und unter der Welleneinwirkung schaukelt. Auf dem Schwimmittel 1 ist in einer zu demselben senkrechten Ebene ein Rahmen 13 befestigt, an dem in einer zum Schwimmittel 1 senkrechten  
25 Eben ein Schwingungserzeuger 2 hin- und herschiebbar montiert ist. Der Schwingungserzeuger 2 ist in Form einer beweglichen Stütze 5, die sich an den vertikalen Wänden des Rahmens 13 entlang bewegt, sowie zweier Unwuchtmassen 3 ausgeführt, die auf einer Drehachse 4 drehbar angeordnet sind. Am Rahmen 13 befinden sich in dessen oberem und unterem Teil in bezug auf diesen Rahmen 13 feststehende Anschläge 6a, die die Bewegung der beweglichen Stütze 5 des Schwingungserzeugers 2 begrenzen.  
30 Darüber hinaus ist die Anlage mit zwei vertikalen Führungen 7 ausgestattet, die in einer zum Schwimmittel 1 senkrechten Ebene aufgestellt sind und das Schwimmittel 1 mit dem darauf angeordneten Rahmen 13 umfassen. Der Rahmen 13 verschiebt sich an den Führungen 7 in der zum Schwimmittel 1 senkrechten Ebene. Die vertikalen Führungen 7 werden bei deren Montage an fahrenden Schiffen mit Hilfe von Vorrichtungen befestigt, die eine minimale Aufnahme von Wellenschwingungen gewährleisten, während sie  
35 bei den ortsfesten Wellenenergieanlagen unmittelbar im Boden verankert werden. Die Führungen 7 sind mit einem Mittel 8 zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze 5 des Schwingungserzeugers 2 ausgestattet, welches Anschläge darstellt, die an den Führungen 7 in einer zur Ebene des Rahmens 13 senkrechten Ebene verschiebbar angeordnet sind, wobei die Anschläge der Mittel 8 in einem Abstand angebracht sind, der so gut wie der halben Höhe des Rahmens 13 gleich ist. Die Verschiebung der  
40 Anschläge der Mittel 8 geschieht mit Hilfe einer Vorrichtung 14. Die Wellenenergieanlage enthält ferner einen Lenker 15, der gleichachsig mit dem Rahmen 13 angeordnet ist. Der Lenker 15 ist auf den beiden Seiten in bezug auf den Rahmen 13 durch Federn 16, 17 abgefedert und besitzt Nuten 18 (Fig. 8) zur Verschiebung der Drehachse 4 der Unwuchtmassen 3 gemeinsam mit der beweglichen Stütze 5 in diesen Nuten 18 relativ zum Rahmen 13. Die Nuten 18 des Lenkers 15 weisen im oberen und unteren Teil  
45 Stützflächen 19, 20 auf, die mit der Drehachse 4 der Unwuchtmassen 3 in der oberen und unteren Endlage der beweglichen Stütze 5 periodisch kontaktieren. Während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle kontaktiert dabei die Stützfläche 20 mit der Drehachse 4, während in der Periode des Herabsinkens des Schwimmittels 1 auf der Welle die Stützfläche 19 mit dieser Drehachse 4 kontaktiert. Die Länge der Nut 18 des Lenkers 15 wird so gewählt, daß die Drehachse 4 der Unwuchtmassen 3 bei der  
50 Verschiebung der beweglichen Stütze 5 mit den Stützflächen 19, 20 in den jeweiligen Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle früher kontaktiert als die bewegliche Stütze 5 mit den feststehenden Anschlägen 6a in Kontakt tritt (in Fig. 8 sind die Stützflächen 19, 20 in ihren Endstellungen abgebildet).

55 Mit Hilfe des relativ zum Rahmen 13 durch die Federn 16, 17 abgefederten Lenkers 15 wird die hin- und hergehende Bewegung auf einen linearen elektrischen Generator 21 übertragen, der sich auf dem Schwimmittel 1 befindet, und die Energieentnahme von den Unwuchtmassen 3 vorgenommen, wobei der Verschiebungsbetrag des Mitnehmers 15 entsprechend den technischen Daten des Generators 21 gewählt wird.

Die Arbeit der Wellenenergieanlage geht auf die folgende Weise vor sich.

Der Schwingungserzeuger 2 (Fig. 7) mit den Unwuchtmassen 3 in der horizontalen Lage wird über den Anschlägen des Mittels 8 zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze 5 angeordnet. Im Augenblick des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle werden die Anschläge des Mittels 8  
 5 weggenommen, und der Schwingungserzeuger 2 beginnt seinen freien Fall den Rahmen 13 herab. Bei der Berührung der beweglichen Stütze 5 mit dem unteren Anschlag 6a drehen sich die Unwuchtmassen 3, indem sie ihre Bewegung weiter fortsetzen, um die Achse 4 um den Winkel von 0 bis 180°. Während dieses Zeitintervalls für die Drehung der Unwuchtmassen 3 verschiebt das Schwimmittel 1, indem es auf der Welle hochsteigt, mittels des Anschlags 6a die bewegliche Stütze 5 mit der Drehachse 4 der Unwuchtmassen 3  
 10 mit einer Geschwindigkeit W aufwärts, wobei die Unwuchtmassen 3 eine Energiezunahme erhalten und die lineare Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmassen 3 zunimmt.

Danach beginnen die Unwuchtmassen 3 gemeinsam mit der beweglichen Stütze 5 aufgrund von Trägheitskräften hochzusteigen, wobei sie ihre horizontale Lage beibehalten. In diesem Augenblick werden die Anschläge des Begrenzungsmittels 8 aus den Führungen 7 ausgefahren. Nachdem die bewegliche  
 15 Stütze 5 die Anschläge des Begrenzungsmittels 8 erreicht hat, drehen sich die Unwuchtmassen 3 auf Kosten der restlichen kinetischen Energie um die Achse 4 um den Winkel von 180 bis 360° und beginnen dann bei ihrer horizontalen Lage erneut eine Abwärtsbewegung. Da die Führungen 7 keine Wellenschwingungen aufnehmen, so wird die lineare Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 während dieses Zeitintervalls nicht verändert. Nachdem die bewegliche Stütze 5 den unteren Anschlag 6a  
 20 erreicht hat, drehen sich die Unwuchtmassen 3 erneut um die Achse 4 um den Winkel von 0 bis 180°, wobei die Drehachse 4 der Unwuchtmassen 3 unter Einwirkung des auf der Welle hochsteigenden Schwimmittels 1 wieder in Bewegung kommt und die lineare Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmassen 3 erneut zunimmt.

Die Zyklenzahl und die Menge der aufgespeicherten Energie in den Unwuchtmassen 3 je eine Periode  
 25 des Hochsteigens des Schwimmittels 1 sind durch die lineare Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 bei dessen Bahnbewegung sowie durch die Geschwindigkeit W des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle bestimmt.

Im Augenblick des Wechsels der Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle werden die Anschläge des Begrenzungsmittels 8 dank dem an der Vorrichtung 14 ankommenden  
 30 Steuersignal des (nicht gezeichneten) Trägheitskraftgebers weggenommen, wodurch die bewegliche Stütze 5 mit den Unwuchtmassen 3 bei deren horizontaler Lage nach oben geht. Nachdem die bewegliche Stütze 5 die oberen Anschläge 6a am Rahmen 13 erreicht hat, drehen sich die Unwuchtmassen 3 aufgrund der kinetischen Energie um die Achse 4 um den Winkel von 180 bis 360°, wobei sich die Drehachse 4 der Unwuchtmassen 3 unter der Einwirkung des Schwimmittels 1 in der Periode des Niedersteigens des  
 35 letzteren auf der Welle abwärts bewegt, die Unwuchtmassen 3 eine Energiezunahme erhalten und die lineare Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmassen 3 zunimmt. Danach beginnen die Unwuchtmassen 3 bei ihrer horizontalen Lage die Abwärtsbewegung. In diesem Augenblick werden die Anschläge des Begrenzungsmittels 8 ausgefahren.

Bei der Berührung der beweglichen Stütze 5 mit den Anschlägen des Begrenzungsmittels 8 drehen  
 40 sich die Unwuchtmassen 3, indem sie ihre Bewegung fortsetzen, um die Achse 4 um den Winkel von 0 bis 180°.

Da die Führungen 7 keine Wellenschwingungen aufnehmen, so wird die lineare Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmasse 3 in diesem Zeitintervall nicht verändert.

Dann beginnen die Unwuchtmassen 3 gemeinsam mit der beweglichen Stütze 5 aufgrund von  
 45 Trägheitskräften erneut hochzusteigen, wobei sie ihre horizontale Lage beibehalten. Nachdem die bewegliche Stütze 5 die oberen Anschläge 6a des Rahmens 13 erreicht haben, drehen sich die Unwuchtmassen 3 aufgrund der kinetischen Energie erneut um die Achse 4 um den Winkel von 180 bis 360°, wobei die Drehachse 4 gemeinsam mit den Unwuchtmassen 3 sich unter Einwirkung des Schwimmittels 1 erneut abwärts bewegt und die Unwuchtmassen 3 erneut eine Energiezunahme erhalten.

Danach beginnen die Unwuchtmassen 3 bei ihrer horizontalen Lage erneut eine Abwärtsbewegung. In  
 50 dieser Weise werden die Unwuchtmassen 3 während der Periode des Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle mehrfach beschleunigt und speichern also ähnlich der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle Energie auf.

Der Prozeß der Energieaufspeicherung in den Unwuchtmassen 3 wird so lange fortgesetzt, bis die  
 55 lineare Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes der Unwuchtmassen 3 einen Betrag erreicht haben wird, bei dem die Energieentnahme von den Unwuchtmassen 3 beginnen kann. Die Übertragung der hin- und hergehenden Bewegung auf den Generator 21 mittels des Lenkers 15 geschieht auf die folgende Weise. Während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle kontaktiert beim Herabfallen der



beweglichen Stütze 5 die Drehachse 4, indem sie sich in den Nuten 18 bewegt, mit der Stützfläche 20 und verschiebt dabei den Lenker 15 relativ zum Rahmen 13 nach unten. Diese gemeinsame Bewegung des Lenkers 15 und der Drehachse 4 dauert bis zur Berührung der beweglichen Stütze 5 mit dem feststehenden Anschlag 6a (Fig. 7) am Rahmen 13 an, wobei die Feder 16 zusammengedrückt wird, während die Feder 17 sich ausdehnt (die Bewegungsgröße des Lenkers 15 wird durch die technischen Daten des Generators 21 (Fig. 8) bestimmt). Nach der erfolgten Drehung der Unwuchtmassen 3 um den Winkel von 0 bis 180° steigt die bewegliche Stütze 5 mit der Drehachse 4 und den Unwuchtmassen 3 hoch, wobei die Federn 16, 17 in ihre Ausgangsstellung zurückkehren, die Stützfläche 20 des Lenkers 15 an die Drehachse 4 andrücken und den Lenker 15 gemeinsam mit der Drehachse 4 bis zur Anfangsstellung des Lenkers 15 nach oben verschieben. Die Federn 16, 17 gewährleisten die vorgegebene Stellung des Lenkers 15 in bezug auf den Rahmen 13 beim Fehlen eines Kontaktes des Lenkers 15 über die Stützfläche 20 mit der Drehachse 4. Bei nachfolgendem Niederfallen der beweglichen Stütze 5 wiederholt sich der Bewegungszyklus des Lenkers 15 relativ zum Rahmen 13.

In der Periode des Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle werden die Anschläge des Begrenzungsmittels 8 weggenommen, und die bewegliche Stütze 5 steigt hoch, wobei sich die in den Nuten 18 verschiebende Drehachse 4 mit der Stützfläche 19 kontaktiert und den Lenker 15 relativ zum Rahmen 13 bis zur Berührung der beweglichen Stütze 5 mit dem oberen feststehenden Anschlag 6a aufwärts bewegt, wobei die Feder 17 zusammengedrückt wird, die Feder 16 aber sich ausdehnt.

Nach der Drehung der Unwuchtmassen 3 um den Winkel von 180 bis 360° fällt die bewegliche Stütze 5 nieder, und die Federn 16, 17 drücken, indem sie in ihre Ausgangsstellung zurückkehren, die Stützfläche 19 an die Drehachse 4 an, wobei sich der Lenker 15 gemeinsam mit der Drehachse 4 bis zur Anfangsstellung des Lenkers 15 bewegt.

Während einer jeden Periode des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle erfolgt die Übertragung der hin- und hergehenden Bewegung des Lenkers 15 auf den Generator 21 und findet auch die Energieentnahme von den umlaufenden Unwuchtmassen 3 mit der Umwandlung der entnommenen Energie in elektrischen Strom statt.

Also gestattet es die erfindungsgemäße Wellenenergieanlage zur Durchführung des Verfahrens zur Wellenenergieumformung:

- die Führungen 7 (Fig. 7) und den Anschlag des Mittels 8 zur Erzielung einer mehrmaligen Verschiebung der Drehachse 4 der Unwuchtmassen 3 unter Einwirkung des Schwimmittels 1 in der Einwirkungsrichtung des letzteren während einer jeden von den Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle zur Umkehr der Bewegungsrichtung der Drehachse 4 der Unwuchtmassen 3 beim Wechsel der Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle unter Erhaltung der in der Unwuchtmasse 3 während der vorhergehenden Periode aufgespeicherten Energie zur Gewährleistung der Verschiebung der Drehachse 4 der Unwuchtmassen 3 innerhalb von vorgegebenen zu benützen, was zur Aufspeicherung einer größeren Energiemenge in den Unwuchtmassen 3 führt;
- den Trägheitskraftgeber und die Vorrichtung 14 zur Erzielung einer dynamischen Resonanz des Schwingungserzeugers 2 mit den Schwingungen des Schwimmittels 1 zu benützen, wodurch eine maximale Energieentnahme von der Wellenenergieanlage gewährleistet wird.

Möglich ist eine weitere Ausführungsform der Wellenenergieanlage zur Durchführung des Verfahrens zur Wellenenergieumformung.

Die erfindungsgemäße Wellenenergieanlage enthält ein Schwimmittel 1 (Fig. 9), das sich im Schwimmzustand befindet und unter Welleneinwirkung schaukelt, sowie zumindest zwei vertikale Führungen 7, die in einer zum Schwimmittel 1 senkrechten Ebene angeordnet sind, das Schwimmittel 1 umfassen und im oberen Teil durch eine Querbalken 22 miteinander verbunden sind. Die vertikalen Führungen 7 werden bei deren Montage an Schiffen mit Hilfe von Vorrichtungen befestigt, die eine minimale Aufnahme von Wellenschwingungen gewährleisten, bei ortsfesten Wellenenergieanlagen werden sie aber unmittelbar im Boden befestigt. Zwischen den Führungen 7 ist hin- und herschiebbar zwischen denselben eine bewegliche Stütze 23 eines Schwingungserzeugers 24 (in Fig. durch eine gestrichelte geschlossene Linie angedeutet) angeordnet. Auf der beweglichen Stütze 23 sind Wellen 25 und 26 mit darauf befestigten Unwuchtmassen 27 und 28 sowie im Eingriff stehenden Zahnrädern 29, 30 angebracht. Die Unwuchtmassen 27, 28 sind solcherweise angeordnet, daß sie eine volle Umdrehung um ihre Drehachsen  $O_5$ ,  $O_6$  und  $O_7$ ,  $O_8$  gemeinsam mit den Zahnrädern 29, 30 nur in Gegenphase ausführen können. Die Wellenenergieanlage enthält ein am Schwingungserzeuger 24 angebrachtes Mittel zur Begrenzung der Bewegungen der beweglichen Stütze 23 des Schwingungserzeugers 24 längs der Führungen 7, das in Form von zwei Hydraulikzylindern 31, 32 mit Kolben 33, 34 und jeweiligen Kolbenstangen 35, 36 ausgeführt ist. Die Hydraulikzylinder 31,

32 sind mit der beweglichen Stütze 23 verbunden. Der Kolben 33 des Hydraulikzylinders 31 ist über die Kolbenstange 35 mit dem Querbalken 22 der Führungen 7 kinematisch verbunden, während der Kolben 34 des Hydraulikzylinders 32 über die Kolbenstange 36 mit dem Schwimmittel 1 kinematisch verbunden ist.

Die vom Kolben 33 getrennten Zylinderräume "a" und "b" des Hydraulikzylinders 31 sind durch eine  
 5 Hydraulikleitung 37 miteinander verbunden, in die ein Längsschieberventil 38 eingebaut ist. Das Längsschieberventil 38 befindet sich auf der beweglichen Stütze 23. Die Hydraulikleitung 37 wird am Eintritt in das Längsschieberventil 38 in zwei parallele Hydraulikleitungen 39, 40 unterteilt, während sie am Austritt nach dem Längsschieberventil 38 mittels Hydraulikleitungen 41, 42 mit einem drehbaren Ventilschalter 43 verbunden ist. Gemäß der Drehwinkel der Welle 25 ist der Eintritt der Hydraulikleitung 39 relativ zum Eintritt  
 10 der Druckleitung 40 in das Längsschieberventil 38 um  $180^\circ$  versetzt. Der Ventilschalter 43 ist zur Richtungsänderung der Flüssigkeitsbewegung in der Leitung 41 bzw. in der Leitung 42 bestimmt und besitzt zwei Drehstellungen (in Fig. ist die zweite Stellung durch gestrichelte Linien angedeutet).

Die vom Kolben 32 getrennten Zylinderräume "c" und "d" des Hydraulikzylinder 34 sind durch eine Hydraulikleitung 44 miteinander verbunden, in die ein Längsschieberventil 45 eingebracht ist. Das Längs-  
 15 schieberventil 45 befindet sich auf der beweglichen Stütze 23. Die Hydraulikleitung 44 wird am Eintritt in das Längsschieberventil 45 in zwei parallele Hydraulikleitungen 46, 47 unterteilt, während sie nach dem Austritt aus dem Längsschieberventil 45 mittels Hydraulikleitungen 48, 49 mit einem drehbaren Ventilschalter 50 verbunden ist. Gemäß dem Drehwinkel ist der Eintritt der Hydraulikleitung 46 in bezug auf den Eintritt der Hydraulikleitung 47 in das Längsschieberventil 45 um  $180^\circ$  verschoben. Der Ventilschalter 50 ist zur  
 20 Richtungsänderung der Flüssigkeitsbewegung in der Leitung 49 bzw. der Leitung 48 bestimmt und besitzt zwei Drehstellungen (in Fig. ist die zweite Stellung durch gestrichelte Linien angedeutet).

Die Längsschieberventile 38 und 45 sind mit der Welle 25 kinematisch verbunden, während die drehbaren Ventilschalter 43, 50 mit einer die Schwingungen des Schwimmittels 1 verfolgenden Einrichtung 51 über eine Steuerkopplung 52 (in Fig. durch gestrichelte Linien angedeutet) verbunden sind. Zur  
 25 Durchführung der Energieentnahme von den auf den Wellen 25 und 26 sitzenden umlaufenden Unwuchtmassen 27, 28 ist die Wellenenergieanlage mit einem elektrischen Generator 53 versehen, der auf dem Querbalken der vertikalen Führungen 7 installiert und über eine kinematische Bindung 54 (in Fig. durch gestrichelte Linien angedeutet) mit der Welle 25 verbunden ist.

Die Arbeit der Wellenenergieanlage geht auf die folgende Weise vor sich. Die Anlage wird vorher mit  
 30 einem Arbeitsmedium - einer Arbeitsflüssigkeit - gefüllt und derart angeordnet, daß bei geringem Wellengang an der Wasseroberfläche die bewegliche Stütze 23 des Schwingungserzeugers 24 so gut wie im gleichen Abstand von dem Schwimmittel 1 und dem Querbalken 22 der Führungen 7 liegen würde.

Das Schwimmittel 1 kommt unter der Welleneinwirkung in schaukelnde Bewegung. Dann werden die Wellen 25, 26 mit den im Eingriff stehenden Zahnkränzen 29, 30 mit den Unwuchtmassen 27, 28 und den  
 35 Längsschieberventilen 38 und 45 bis zu einer Umlauffrequenz von mehr als eine Umdrehung je  $360^\circ$  während einer Periode des Hoch- bzw. Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle beschleunigt (die Einrichtung zur Beschleunigung der Wellen 25, 26 ist in Fig. 9 nicht abgebildet). Dabei entspricht die Stellung der drehbaren Ventilschalter 43, 50 während der Periode des Hochstehens des Schwimmittels 1 der in Fig. 9 gezeigten Stellung. Bei einer Drehung der Unwuchtmassen 27, 28 innerhalb des vorgenannten  
 40 Zeitintervalls um den Winkel von  $0$  bis  $180^\circ$  um die Drehachsen  $O_5$ ,  $O_6$  und  $O_7$ ,  $O_8$ , was dem unteren Halbkreis der Bewegungsbahn des Massenmittelpunktes der Unwuchtmassen 27, 28 entspricht, werden mit Hilfe der Welle 25 die Längsschieberventile 38, 45 um den Winkel von  $0$  bis  $180^\circ$  gedreht. Dabei öffnet das Längsschieberventil 38 entsprechend der in Fig. 9 angedeuteten Stellung des drehbaren Ventilschalters 43 während den vorerwähnten Zeitintervalls die Druckleitung 37 zum freien Überströmen des Arbeitsmediums  
 45 (der Arbeitsflüssigkeit) über die Hydraulikleitungen 41, 39 aus dem unteren Zylinderraum "b" des Hydraulikzylinders 31 in den oberen Zylinderraum "a" desselben, während das Längsschieberventil 45 entsprechend der in Fig. 9 angedeuteten Stellung des Ventilschalters 50 während desselben Zeitintervalls die Hydraulikleitung 44 zum Strömen der Flüssigkeit über die Hydraulikleitungen 47, 49 und 46, 48 absperrt. Das Arbeitsmedium (die Arbeitsflüssigkeit) kann aus dem einen Zylinderraum "c" des Hydraulikzylinders 32  
 50 in den anderen Zylinderraum "d" desselben nicht überströmen. Zwischen dem Schwimmittel 1 und der beweglichen Stütze 23 des Schwingungserzeugers 24 mit den auf derselben angeordneten, in Gegenphase umlaufenden Unwuchtmassen 27, 28 wird eine starre mechanische Verbindung hergestellt (dabei wird die physikalische Eigenschaft der Inkompressibilität der Druckflüssigkeit als Arbeitsmedium ausgenutzt). Das Schwimmittel 1 wirkt, indem es auf der Welle hochsteigt, über die Kolbenstange 36, den Kolben 34 des  
 55 Hydraulikzylinders 32 mit der beweglichen Stütze 23 zusammen und verschiebt die bewegliche Stütze 23 gemeinsam mit den Drehachsen  $O_5$ ,  $O_6$  und  $O_7$ ,  $O_8$  der Wellen 25, 26 und der Unwuchtmassen 27, 28 an den Führungen 7 nach oben während des Zeitintervalls für die Umdrehung der Unwuchtmassen 27, 28,

wobei die Unwuchtmassen 27, 28 eine Energiezunahme erhalten und die Massenmittelpunkte der Unwuchtmassen 27, 28 ihre lineare Geschwindigkeit um den Faktor 2 - den Wert der verdoppelten Steiggeschwindigkeit des Schwimmittels 1 - vergrößern.

Innerhalb desselben Zeitintervalls wird gleichzeitig mit der Herstellung einer starren mechanischen Verbindung zwischen dem Schwimmittel 1 und der beweglichen Stütze 23 die starre mechanische Verbindung zwischen der beweglichen Stütze 23 und den Führungen 7 beseitigt, da die Hydraulikleitung 37 für die Überströmung der Flüssigkeit über die Hydraulikleitungen 41, 39 aus dem unteren Zylinderraum "b" des Hydraulikzylinders 31 in dessen oberen Zylinderraum "a" geöffnet ist. Dabei behindert die Zusammenwirkung der Kolbenstange 35, des Kolbens 33 mit dem Querbalken 22 der Führungen 7 nicht die Bewegung der beweglichen Stütze 23 gemeinsam mit dem Schwimmittel 1 in der Aufwärtsrichtung längs der Führungen 7.

Während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle innerhalb des Zeitintervalls für die Drehung der Unwuchtmassen 27, 28 um den Winkel von 180 bis 360° um die Drehachsen O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>, was dem oberen Halbkreis der Bewegungsbahn der Massenmittelpunkte der Unwuchtmassen 27, 28 entspricht, werden die Längsschieberventile 38, 45 mittels der Welle 25 um den Winkel von 180 bis 360° gedreht. Dabei sperrt das Längsschieberventil 38 gemäß der in Fig. 9 gezeigten Stellung des drehbaren Ventilschalters 43 während des vorerwähnten Zeitintervalls die Hydraulikleitung 37 für die Überströmung der Flüssigkeit über die Hydraulikleitungen 41, 39, 40, 42 aus dem unteren Zylinderraum "b" des Hydraulikzylinders 31 in dessen oberen Zylinderraum "a" ab, während das Längsschieberventil 45 gemäß der in Fig. 9 gezeigten Stellung des Ventilschalters 50 während desselben Zeitintervalls die Hydraulikleitung 44 für die freie Überströmung der Flüssigkeit über die Hydraulikleitungen 49, 47 aus dem oberen Zylinderraum "c" des Hydraulikzylinders 32 in dessen unteren Zylinderraum "d" öffnet. Zwischen der beweglichen Stütze 23 des Schwingungserzeugers 24 mit den auf derselben angeordneten, in Gegenphase umlaufenden Unwuchtmassen 27, 28 und dem Querbalken 22 der Führungen 7 wird eine starre mechanische Verbindung hergestellt, während zwischen dem Schwimmittel 1 und der beweglichen Stütze 23 keine starre mechanische Verbindung besteht. Da die Führungen 7 im Wassermedium mit minimaler Aufnahme von Wellenschwingungen angeordnet sind, bleiben die Drehachsen O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub> der Unwuchtmassen 27, 28 während der Drehung der Unwuchtmassen 27, 28 innerhalb desselben Zeitintervalls in bezug auf die Führungen 7 unbeweglich, die Unwuchtmassen 27, 28 wirken mit dem Schwimmittel 1 nicht zusammen und büßen ihre Energie nicht ein.

Das Schwimmittel 1 bewegt sich während des Zeitintervalls für die Drehung der Unwuchtmassen 27, 28 um den Winkel von 180 bis 360° ungehindert in der Aufwärtsrichtung relativ zu den Führungen 7, da der Kolben 34 des Hydraulikzylinders 32 bei seiner Zusammenwirkung mit der Kolbenstange 36 keine Wirkung auf die bewegliche Stütze 23 ausübt. Die Flüssigkeit strömt bei der Bewegung des Kolbens 34 gemeinsam mit dem Schwimmittel 1 aus dem oberen Zylinderraum "c" des Hydraulikzylinders 32 in den unteren Zylinderraum "d" über die Hydraulikleitungen 37, 49, 47 frei über.

Dieser Zyklus der Beschleunigung der Drehbewegung der Unwuchtmassen 27, 28 bei deren weiterer Drehung kommt während der gesamten Periode des Hochsteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle zustande, wobei unabhängig von der Umlauffrequenz der Unwuchtmassen 27, 28 diese Unwuchtmassen 27, 28 über die Welle 25 der Längsschieberventile 38, 45 den Prozeß der vielfachen Zunahme ihrer Geschwindigkeit und die Speicherung der Rotationsenergie steuern.

Beim Wechsel der Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle, wenn die Rückübertragung der Energie von den Unwuchtmassen 27, 28 zum Schwimmittel 1 möglich ist, bringt die die Schwingungen des Schwimmittels 1 verfolgende Einrichtung 51 mittels der Steuerkopplung 52 (in Fig. 9 durch gestrichelte Linien angedeutet) eine Drehung der Ventilschalter 43, 50 in der in Fig. 9 mit Pfeilen angedeuteten Richtung bis zu einer Stellung zustande, die in Fig. 9 durch gestrichelte Linien angedeutet ist.

Während des Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle werden innerhalb des Zeitintervalls für die Drehung der Unwuchtmassen 27, 28 um den Winkel von 0 bis 180° um die Drehachsen O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>, was dem unteren Halbkreis der Bewegungsbahn der Massenmittelpunkte der Unwuchtmassen 27, 28 entspricht, die Längsschieberventile 38, 45 mit Hilfe der Welle 25 um den Winkel von 0 bis 180° gedreht.

Dabei sperrt das Längsschieberventil 38 entsprechend der in Fig. 9 angegebenen Stellung des drehbaren Ventilschalters 43 (in Fig. 9 durch gestrichelte Linien angedeutet) die Hydraulikleitung 37 für das Strömen der Flüssigkeit über die Hydraulikleitungen 39, 41 und 40, 42 ab, während das Längsschieberventil 45 entsprechend der in Fig. 9 angegebenen Stellung des drehbaren Ventilschalters 50 (in Fig. 9 durch gestrichelte Linien angedeutet) die Hydraulikleitung 44 für die freie Überströmung der Flüssigkeit über die Hydraulikleitungen 46, 48 aus dem unteren Zylinderraum "d" des Hydraulikzylinders 32 in dessen oberen Zylinderraum "c" öffnet. Zwischen der beweglichen Stütze 23 des Schwingungserzeugers 24 mit den auf

derselben angeordneten, in Gegenphase umlaufenden Unwuchtmassen 27, 28 und dem Querbalken 22 der Führungen 7 wird eine starre mechanische Verbindung hergestellt, während zwischen dem Schwimmittel 1 und der beweglichen Stütze 23 keine starr mechanische Verbindung besteht. Da die Führungen 7 im Wassermedium mit minimaler Aufnahme von Wellenschwingungen angeordnet sind, so bleiben die Unwuchtmassen 27, 28 während des Zeitintervalls für die Drehung der Unwuchtmassen 27, 28 um den Winkel von 0 bis 180° um die Drehachsen O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub> in bezug auf die Führungen 7 unbeweglich, wirken also mit dem Schwimmittel 1 nicht zusammen und büßen demnach keine Energie ein.

Das Schwimmittel 1 bewegt sich ungehindert innerhalb des erwähnten Zeitintervalls für die Drehung der Unwuchtmassen 27, 28 um den Winkel von 0 bis 180° in der Abwärtsrichtung relativ zu den Führungen 7, weil die Flüssigkeit bei der Bewegung der Kolbenstange 36 des Kolbens 34 gemeinsam mit dem Schwimmittel 1 aus dem unteren Zylinderraum "d" des Hydraulikzylinders 32 in dessen oberen Zylinderraum "c" über die Hydraulikleitungen 44, 46, 48 frei überströmt.

Während der Periode des Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle werden innerhalb des Zeitintervalls für die Drehung der Unwuchtmassen 27, 28 um den Winkel von 180 bis 360° um die Drehachsen O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub>, und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>, was dem oberen Halbkreis der Bewegungsbahn des Massenmittelpunktes der Unwuchtmassen 27, 28 entspricht, die Längsschieberventile 38, 45 mit Hilfe der Welle 25 um den Winkel von 180 bis 360° gedreht. Dabei öffnet das Längsschieberventil 38 entsprechend der in Fig. 9 angegebenen Stellung des drehbaren Ventilschalters 43 (in Fig. 9 durch gestrichelte Linien angedeutet) während des erwähnten Zeitintervalls die Hydraulikleitung 37 für das freie Überströmen der Flüssigkeit über die Hydraulikleitungen 37, 40, 42 aus dem oberen Zylinderraum "a" des Hydraulikzylinders 31 in dessen unteren Zylinderraum "b", während das Längsschieberventil 45 gemäß der in Fig. 9 angedeuteten Stellung des Ventilschalters 50 (in Fig. 9 durch gestrichelte Linien angedeutet) während desselben Zeitintervalls die Hydraulikleitung 44 für das Strömen der Flüssigkeit über die Hydraulikleitungen 46, 48 aus dem unteren Zylinderraum "d" des Hydraulikzylinders 32 in dessen oberen Zylinderraum "c" absperrt. Zwischen der beweglichen Stütze 23 des Schwingungserzeugers 24 mit den auf derselben angeordneten, in Gegenphase rotierenden Unwuchtmassen 27, 28 und dem Schwimmittel 1 wird eine starre mechanische Verbindung hergestellt, während zwischen dem Querbalken 22, den Führungen 7 und der beweglichen Stütze 23 keine starre mechanische Verbindung besteht. Das Schwimmittel 1 wirkt, indem es auf der Welle niedersteigt, über die Kolbenstange 36, den Kolben 34 des Hydraulikzylinders 32 mit der beweglichen Stütze 23 zusammen und verschiebt dabei die bewegliche Stütze 23 gemeinsam mit den Drehachsen O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub> der Wellen 25, 26 und der Unwuchtmassen 27, 28 während des Zeitintervalls für die Drehung der Unwuchtmassen 27, 28 um den Winkel von 180 bis 360° längs der Führungen 7 nach unten, wobei die Unwuchtmassen 27, 28 eine Energiezunahme erhalten und der Massenmittelpunkt der Unwuchtmassen 27, 28 seine lineare Geschwindigkeit um den Wert 2W - die verdoppelte Sinkgeschwindigkeit des Schwimmittels 1 - vergrößert. Dabei behindert die Zusammenwirkung der Kolbenstange 35, des Kolbens 33 mit dem Querbalken 22 der Führungen 7 nicht die Abwärtsbewegung der beweglichen Stütze 23 gemeinsam mit dem Schwimmittel 1 längs der Führungen 7, weil die Hydraulikleitung 37 für die Überströmung der Flüssigkeit über die Hydraulikleitungen 40, 42 aus dem oberen Zylinderraum "a" des Hydraulikzylinders 31 in dessen unteren Zylinderraum "b" geöffnet ist.

Dieser Zyklus der Drehbewegungsbeschleunigung der Unwuchtmassen 27, 28 bei deren weiterer Drehung findet während der gesamten Periode des Niedersteigs des Schwimmittels 1 auf der Welle statt. Bei jedem Wechsel der Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle bringt die die Schwingungen des Schwimmittels 1 verfolgende Einrichtung 51 mittels der Steuerkopplung 52 eine Drehung der Ventilschalter 43, 50 zustande, wodurch eine Richtungsänderung, der Einwirkung auf die Drehachsen O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub> der Unwuchtmassen 27, 28 sowie die Energieaufspeicherung in den Unwuchtmassen 27, 28 während einer jeden Periode des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle gewährleistet werden.

Die Energieentnahme von den Unwuchtmassen 27, 28 erfolgt bei Erreichen der rechnerischen Unlaufgeschwindigkeit der Unwuchtmassen 27, 28 mittels des elektrischen Generators 53 über die kinematische Verbindung des Generators 53 mit der Zapfwelle 25 während jeder beliebigen Periode des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle.

In dieser Weise gestattet es die erfindungsgemäße Wellenenergieanlage zur Durchführung des Verfahrens zur Wellenenergieumformung:

- die Führungen 7 zur Gewährleistung einer mehrmaligen Zusammenwirkung der umlaufenden Unwuchtmassen 27, 28 mit dem Schwimmittel 1 sowohl in der Periode des Hochsteigens als auch in der Periode des Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle zu benützen, was zur bedeutenden zusätzlichen Energieaufspeicherung in den Unwuchtmassen 27, 28 führt;

- die Einrichtung 5 mit den drehbaren Ventilschaltern 43, 50 zur Erzielung einer dynamischen Resonanz des Schwingungserzeugers 24 mit den Schwingungen des Schwimmittels 1 auf der Welle zu verwenden, wodurch eine maximale Energieentnahme von der Wellenenergieanlage gewährleistet wird;
- 5 - die Mittel zur Begrenzung der Verschiebung der beweglichen Stütze 23 in Form von Hydraulikzylindern 31, 32 mit den Kolben 33, 34 und Kolbenstangen 35, 36 zu verwenden, die sowohl mit dem Schwimmittel 1 als auch mit den Führungen 7 zur Erhöhung der Umdrehungszahl der Unwuchtmassen 27, 28 während eines jeden Zyklus des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle kinematisch verbunden sind, was zur zusätzlichen Energieaufspeicherung in den Unwuchtmassen 27, 28 führt;
- 10 - die Längsschieberventile 38, 45 zu verwenden, die mit der Welle 25 zur Steuerung des Prozesses der mehrfachen Energiezunahme in den Unwuchtmassen 27, 28 unabhängig von der Umlauffrequenz der Unwuchtmassen 27, 28 während einer jeden Periode des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels 1 auf der Welle kinematisch verbunden sind, was eine hohe Geschwindigkeit der Energieaufspeicherung in den Unwuchtmassen 27, 28 gewährleistet.

Also gestattet es das erfindungsgemäße Verfahren zur Wellenenergieumformung und die erfindungsgemäßen Wellenenergieanlagen, die Energie der Meereswellen mit einem hohen Wirkungsgrad effektiv in die elektrische Energie umzuwandeln. Die erfindungsgemäße Wellenenergieanlage ist umweltfreundlich, sie führt zu keiner zusätzlichen Erwärmung der Atmosphäre und keiner Verunreinigung des Wasserbeckens der

20 Erde.  
Die Erfindung gestattet es, leistungsfähige Meer- und Ozeanwellenkraftwerke mit Abführung der Elektroenergie auf die Küste bzw. mit Verwertung derselben zur Versorgung von energieintensiven Meerbetrieben (beispielsweise zur Erzeugung von Wasserstoff, Metanol, hochreinen Metallen bzw. zur Gewinnung von Schmelzsalzen - Elektrolyten - von Lithiumhalogeniden) zu schaffen.

25 Die erfindungsgemäßen Wellenenergieanlagen hoher Leistung können als Energieanlagen für den Antrieb von Schiffsvortriebsorganen angewendet werden.

#### Gewerbliche Verwertbarkeit

30 Die Erfindung kann bei allen Arten des Wassertransports sowie in speziell projektierten Schwimmitteln beliebiger Wasserverdrängung und beliebiger Klassen zur Energiegewinnung aus den Meereswellen in einem weiten Frequenzbereich derselben Anwendung finden.

#### Patentansprüche

- 35 1. Verfahren zur Wellenenergieumformung mit Hilfe eines auf einem Schwimmittel (1) installierten Schwingungserzeugers (2, 24) mit mindestens einer Unwuchtmasse (3, 27, 28), die eine Drehachse (4, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) besitzt, das darin besteht, daß man der Unwuchtmasse (3, 27, 28) eine Anfangsgeschwindigkeit erteilt und eine Bewegung der Unwuchtmasse (3, 27, 28) mit Beschleunigung auf einer vorgegebenen Bahn (9, 10, 9', 10') zur Aufspeicherung von Energie in derselben bewirkt, die eine volle Umdrehung der Unwuchtmasse (3, 27, 28) beim Fortbewegen auf der vorgegebenen Bahn (9, 10) und eine Verschiebung der Drehachsen (4, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) der Unwuchtmasse (3, 27, 28) in einer zum Schwimmittel (1) so gut wie senkrechten Ebene unter Einwirkung des Schwimmittels (1) während der Periode des Hochsteigens des letzteren auf der Welle umfaßt, wobei die Entnahme der in der Unwuchtmasse (3, 27, 28) aufgespeicherten Energie während des Hochsteigens des Schwimmittels (1) auf der Welle erfolgt, dadurch **gekennzeichnet**, daß während jeder Periode des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels (1) auf der Welle die Unwuchtmasse (3, 27, 28) sich mehr als einmal um ihre Achse (4, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) dreht, während die Drehachse (4, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) der Unwuchtmasse (3, 27, 28) unter Einwirkung und in der Einwirkungsrichtung des Schwimmittels (1) mehrmals verschoben wird, wobei während einer jeden vollen Umdrehung der Unwuchtmasse (3, 27, 28) um ihre Achse (4, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) innerhalb vorgegebener Zeitintervalle mindestens eine Verschiebung der Drehachse (4, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) der Unwuchtmasse (3, 27, 28) erfolgt, während bei jedem Wechsel der Perioden des Hoch- und Niedersteigens des Schwimmittels (1) auf der Welle die Verschiebungsrichtung der Drehachse (4, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) der Unwuchtmasse (3, 27, 28) unter Aufrechterhaltung der in der Unwuchtmasse (3, 27, 28) aufgespeicherten Energie umgekehrt wird, wobei die Energieentnahme von der Unwuchtmasse (3, 27, 28) zusätzlich während der Periode des Niedersteigens des Schwimmittels (1) auf der Welle vorgenommen wird.

2. Verfahren zur Wellenenergieumformung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei jeder vollen Umdrehung der Unwuchtmasse (3, 27, 28) um ihre Achse (4, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) die einmalige Verschiebung der Drehachse (4, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) der Unwuchtmasse (3, 27, 28) während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels (1) auf der Welle innerhalb eines Zeitintervalls erfolgt, das einer Drehung der Unwuchtmasse (3, 27, 28) vorwiegend um den Winkel von 0 bis 180°, während der Periode des Niedersteigens des Schwimmittels (1) auf der Welle aber einer Drehung der Unwuchtmasse (3, 27, 28) vorwiegend um den Winkel von 180 bis 360° entspricht, wobei die Drehachse (4, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) der Unwuchtmasse (3, 27, 28) innerhalb des Zeitintervalls, das einer Drehung der Unwuchtmasse (3, 27, 28) während der Periode des Hochsteigens des Schwimmittels (1) auf der Welle vorwiegend um den Winkel von 180 bis 360°, während der Periode des Niedersteigens des Schwimmittels (1) auf der Welle aber einer Drehung derselben vorwiegend um den Winkel von 0 bis 180° entspricht, im wesentlichen unbeweglich bleibt.
3. Wellenenergieanlage zur Durchführung des Verfahrens zur Wellenenergieumformung, die ein Schwimmittel (1), das im Schwimmzustand verbleibt und unter der Welleneinwirkung schaukelt, einen Rahmen (13), der auf dem Schwimmittel (1) in einer zum Schwimmittel (1) so gut wie senkrechten Ebene befestigt und von oben und von unten durch Anschläge (6a) begrenzt ist, einen Schwingungserzeuger (2), auf dessen beweglicher Stütze (5) Unwuchtmassen (3) in einer zum Schwimmittel (1) so gut wie senkrechten Ebene um ihre Achse (4) drehbar angeordnet sind, wobei er am Rahmen (13) in einer zum Schwimmittel (1) so gut wie senkrechten Ebene über denselben hin- und herschiebbar angebracht ist, sowie einen elektrischen Generator (21) zur Energieentnahme von den Unwuchtmassen (3) enthält, dadurch **gekennzeichnet**, daß sie mit mindestens einer Führung (7) versehen ist, die in der Nähe des Schwimmittels (1) so gut wie senkrecht zum letzteren angeordnet ist und die Wellenschwingungen nur minimal aufnimmt, und das an der Führung (7) in einer zum Rahmen (13) senkrechten Ebene verschiebbar ein Mittel (8) zur Begrenzung der Bewegungen der beweglichen Stütze (5) des Schwingungserzeugers (2) angebracht ist, das den Abstand zwischen den Anschlägen (6a) am Rahmen (13) so gut wie halbiert.
4. Wellenenergieanlage zur Wellenenergieumformung, die ein Schwimmittel (1), das im Schwimmzustand verbleibt und unter der Welleneinwirkung schaukelt, einen Schwingungserzeuger (24), der mit dem Schwimmittel (1) lösbar verbunden ist, sich in einer zum Schwimmittel (1) so gut wie senkrechten Ebene hin- und hergehend verschiebt und eine bewegliche Stütze (23) besitzt, auf der Unwuchtmassen (27, 28) um die Achsen (O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) drehbar angeordnet sind, sowie einen elektrischen Generator (53) zur Energieentnahme von den Unwuchtmassen (27, 28) enthält, dadurch **gekennzeichnet**, daß sie mit mindestens zwei vertikalen Führungen (7) versehen ist, die das Schwimmittel (1) umfassen, in einer zum Schwimmittel (1) so gut wie senkrechten Ebene angeordnet sind und mit dem Wassermedium unter minimaler Aufnahme der Wellenschwingungen kontaktieren, wobei zwischen den vertikalen Führungen (7) längs derselben hin- und herschiebbar ein Schwingungserzeuger (24) angeordnet ist, und daß außerdem ein Mittel zur Begrenzung der Bewegungen der beweglichen Stütze des Schwingungserzeugers vorgesehen ist, das mindestens zwei Hydraulikzylinder (31, 32) einschließt, die mit der beweglichen Stütze (23) des Schwingungserzeugers (24) verbunden sind, wobei der Kolben (34) eines von ihnen mit dem Schwimmittel (1), der Kolben (33) des anderen aber mit den vertikalen Führungen (7) verbunden ist und die Zylinderräume eines jeden Hydraulikzylinders (31, 32) durch ein Längsschieberventil (38, 45) miteinander verbunden sind, das mit den Drehachsen (O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub> und O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>) der Unwuchtmassen (27, 28) kinematisch verbunden ist.

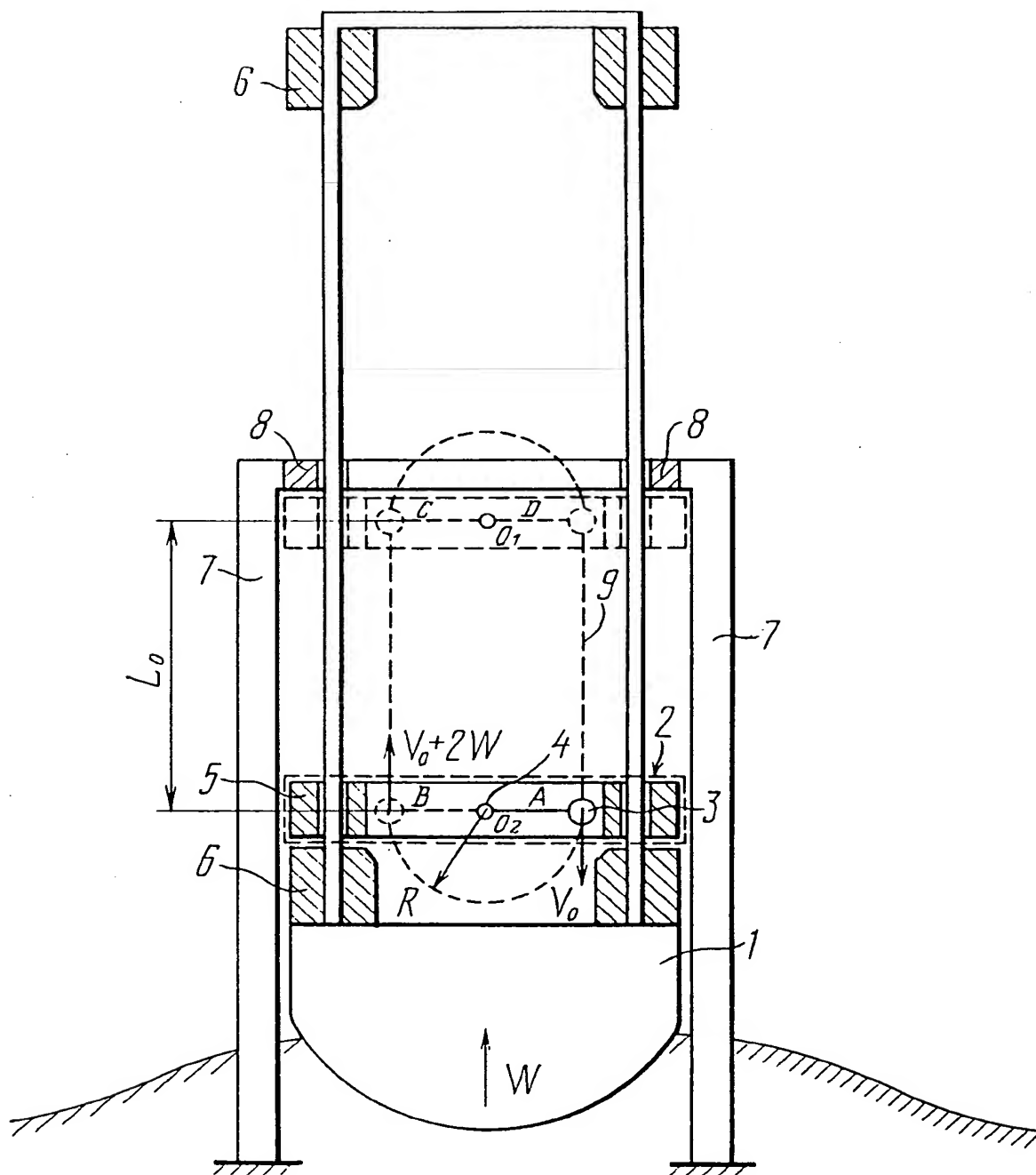


FIG. 1

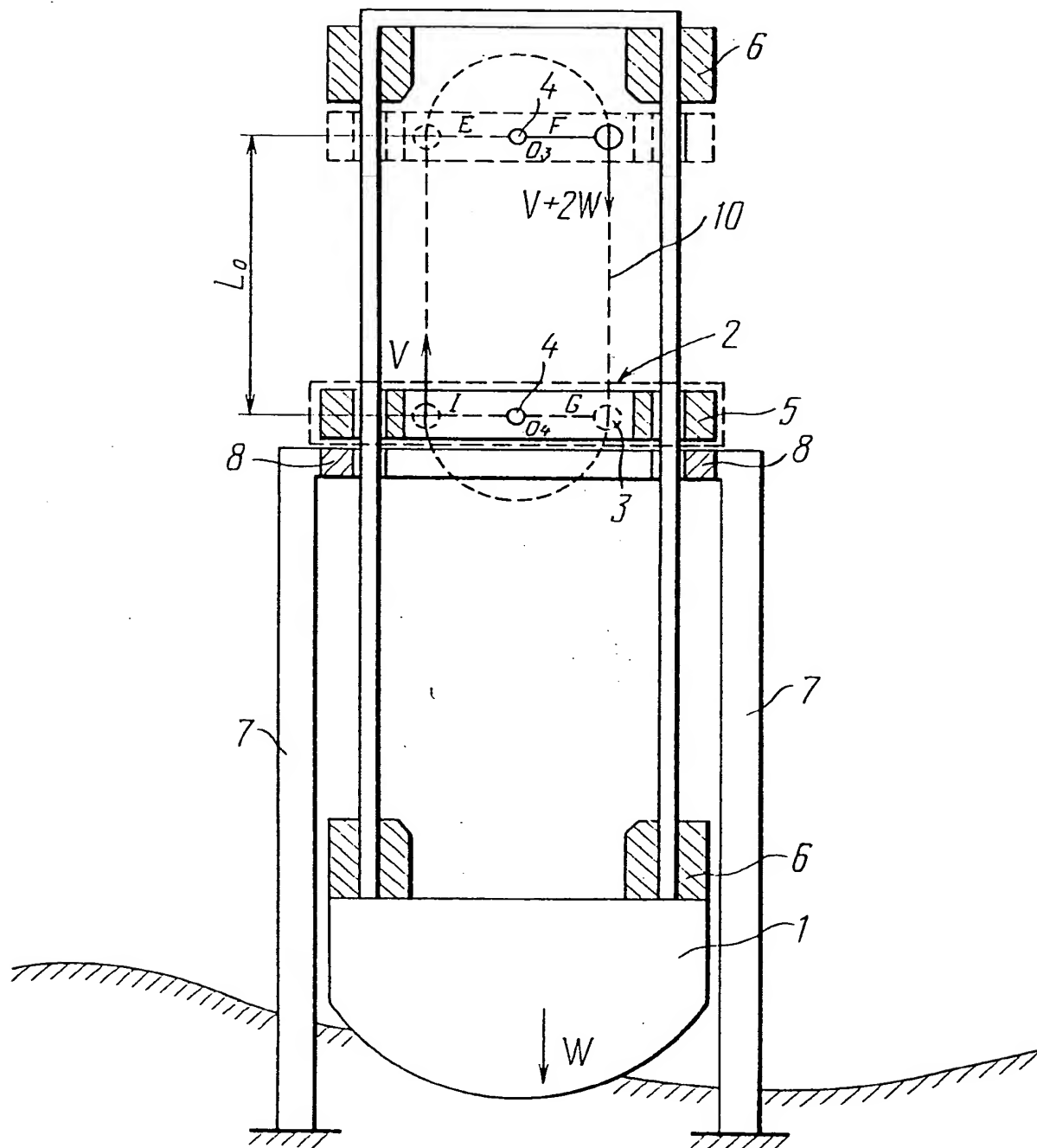


FIG. 2



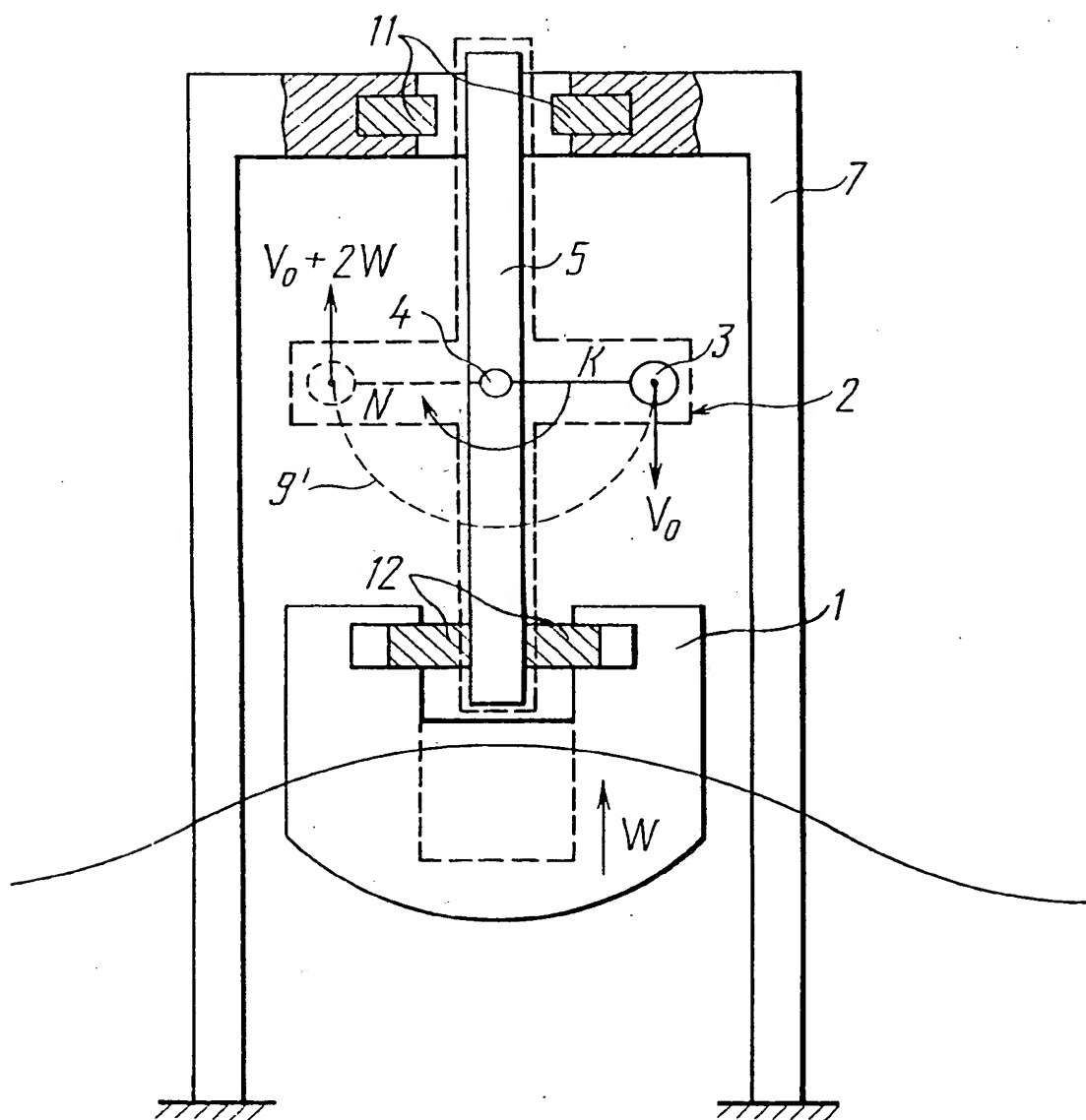


FIG. 3

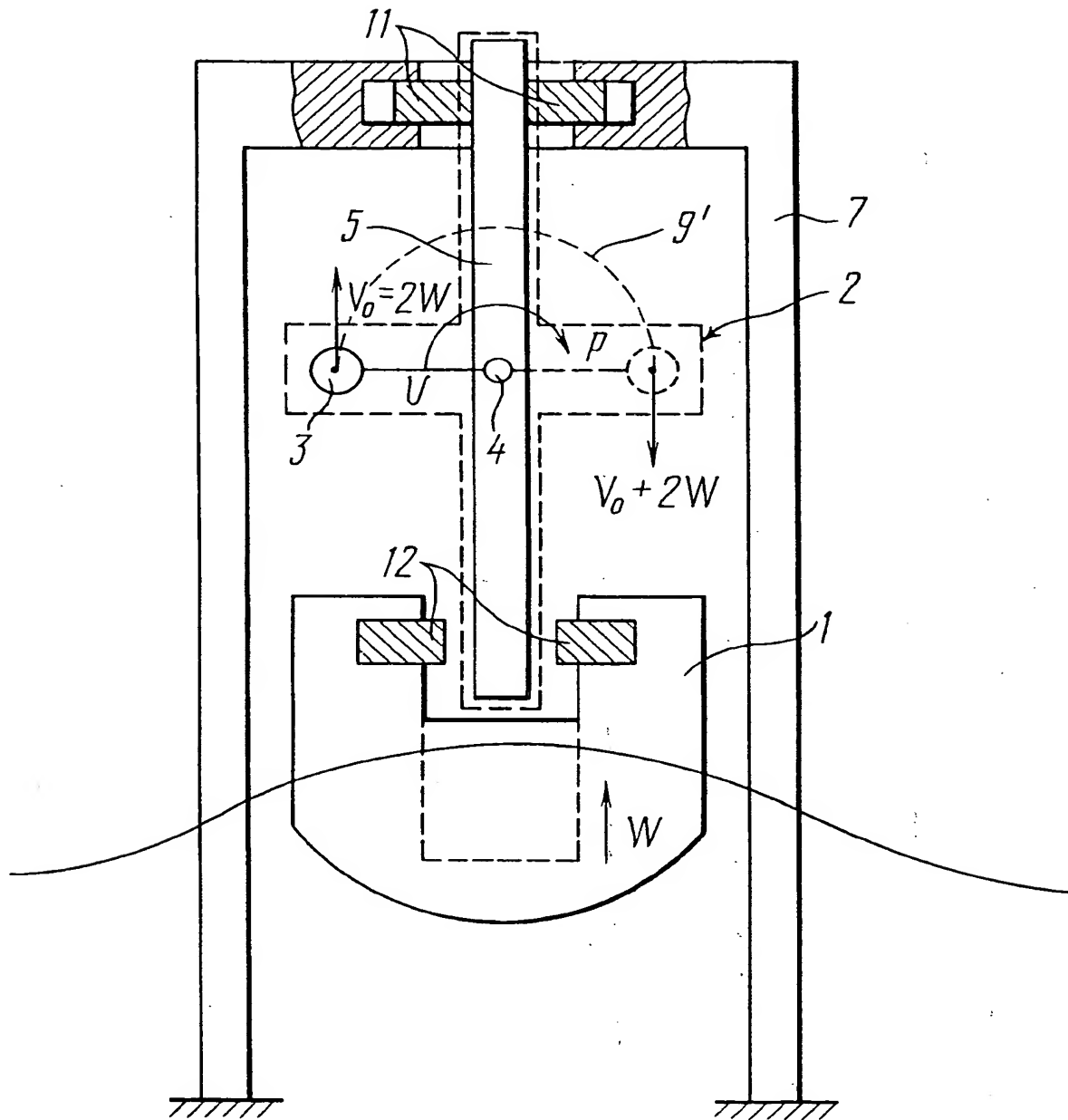


FIG. 4

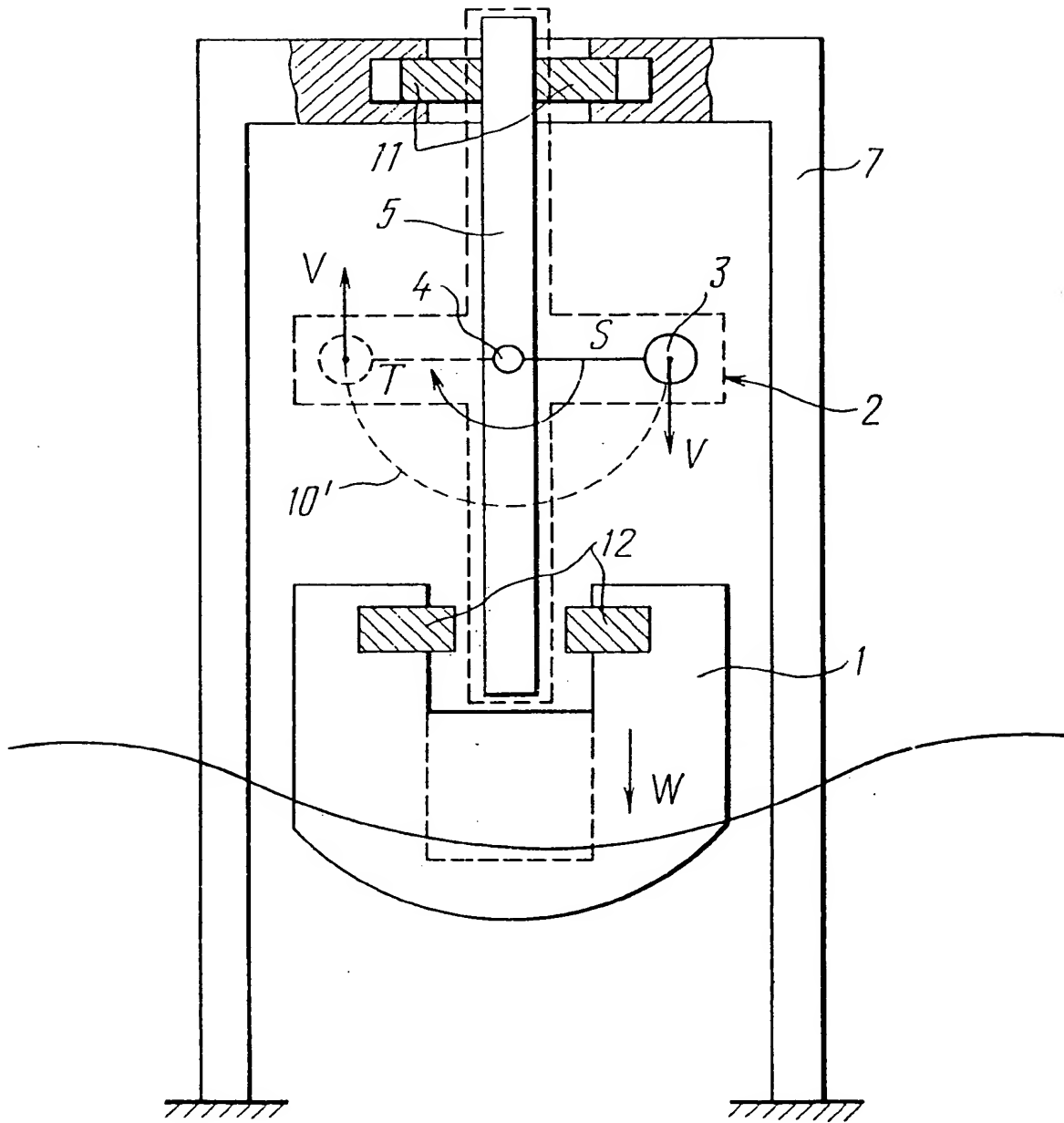


FIG. 5

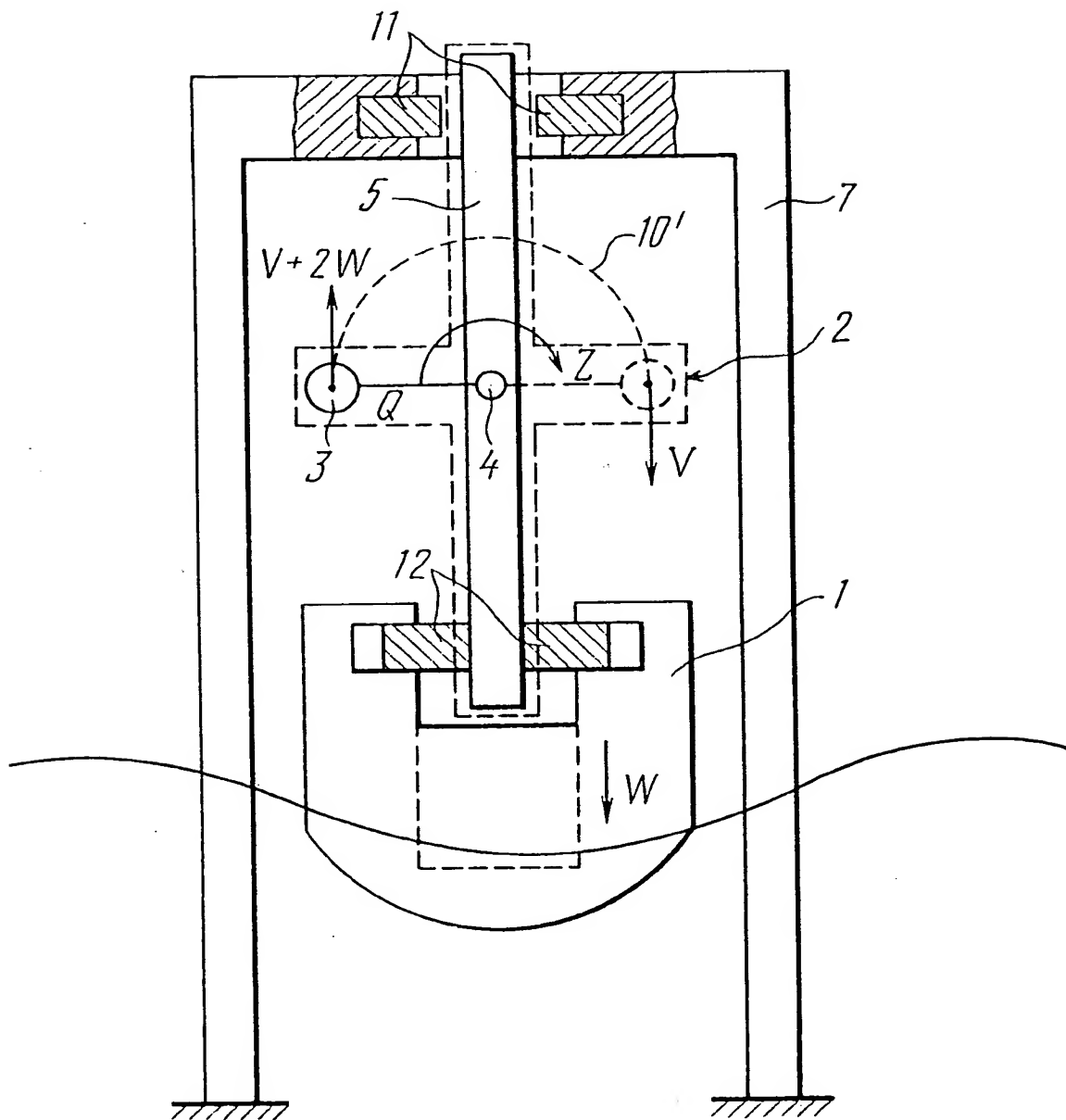


FIG. 6

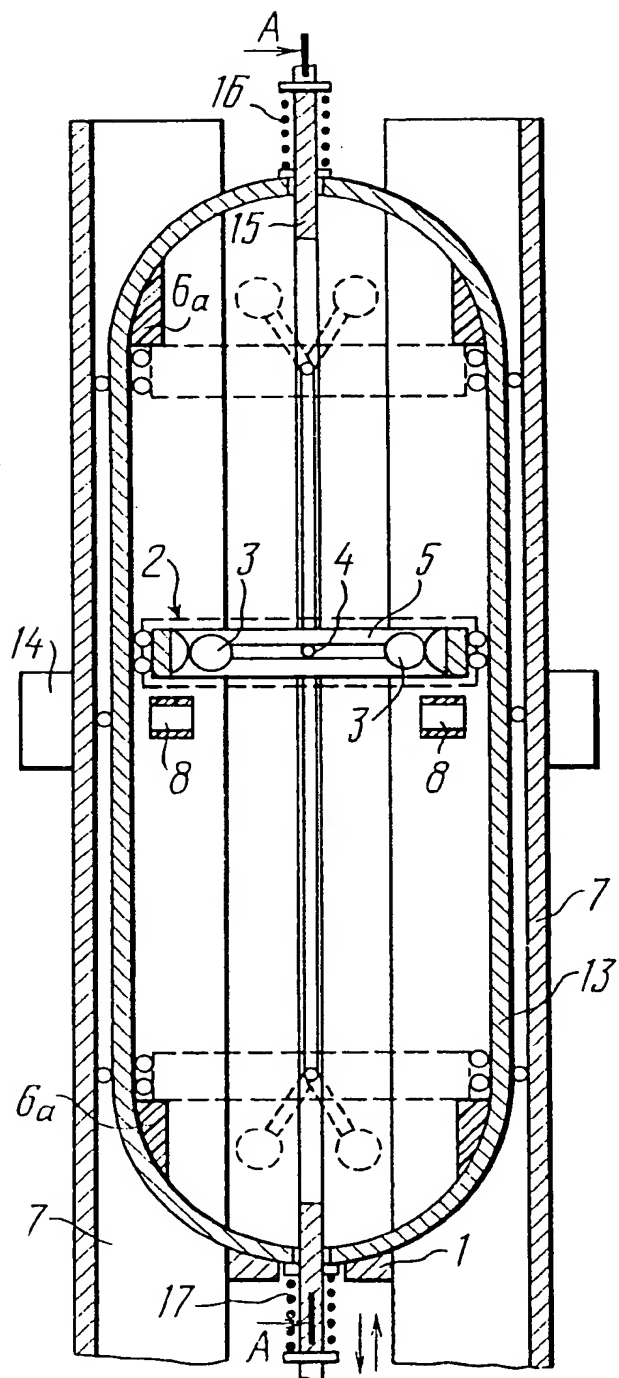
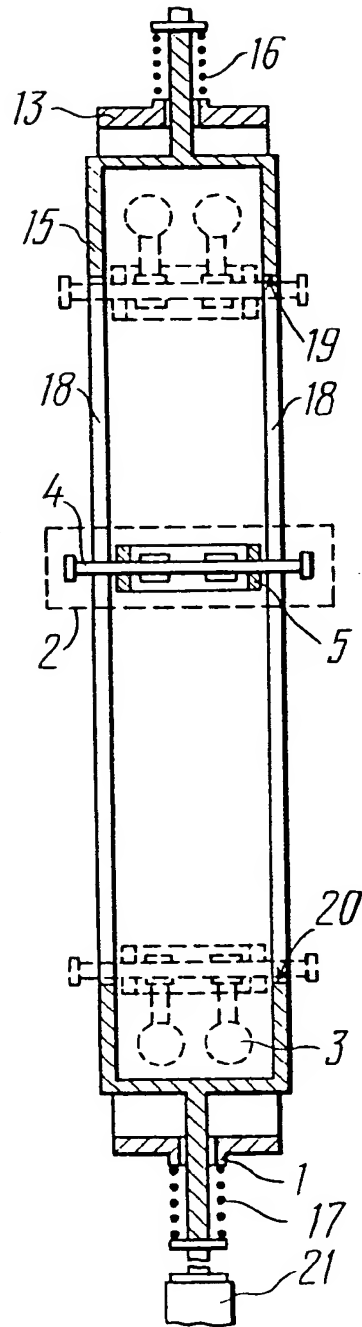


FIG. 7



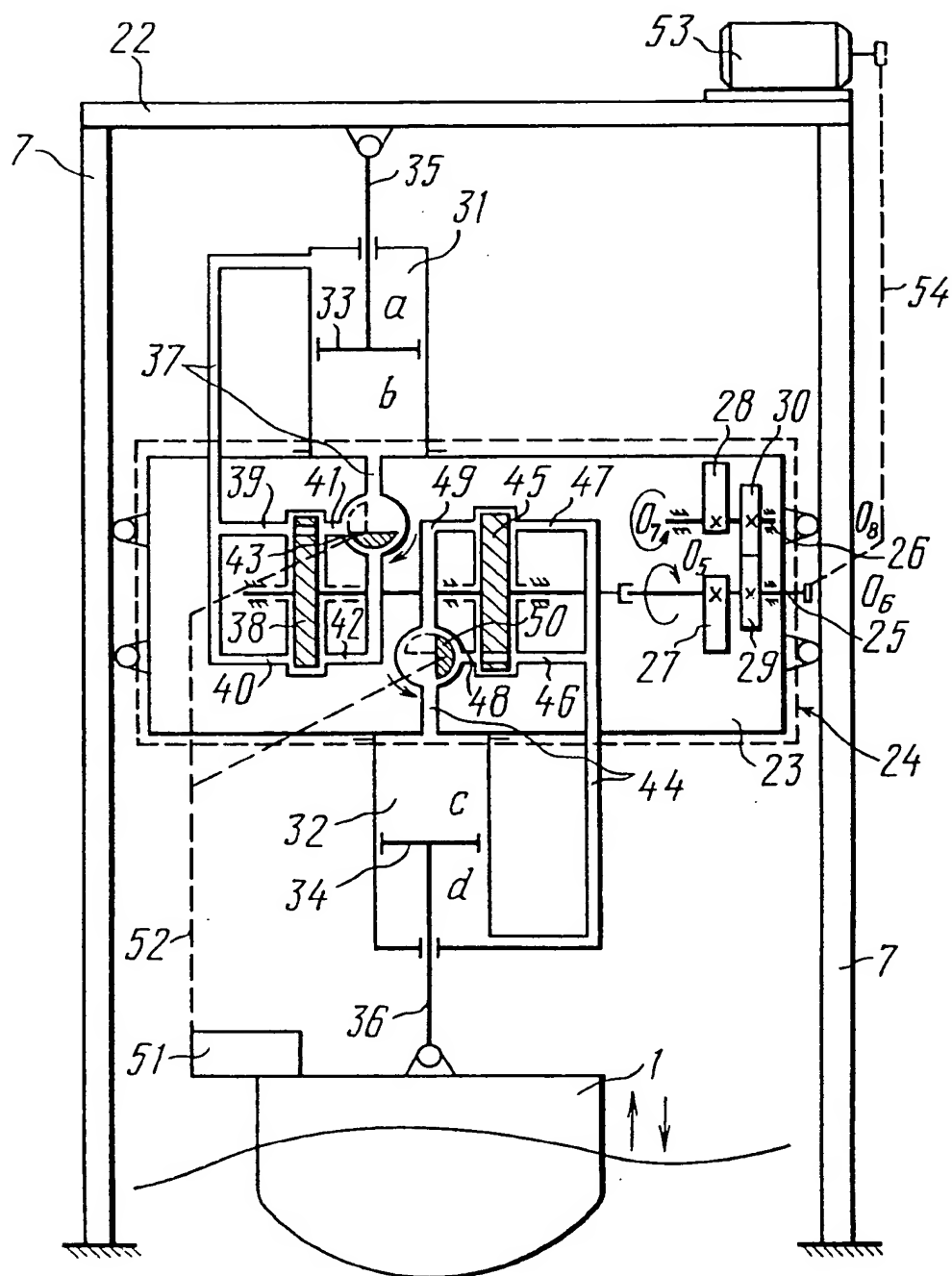


FIG. 9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/SU 90/00131

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (if several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. <sup>5</sup> F 03 B 13/18		
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>		
Classification System <sup>1</sup>	Classification Symbols	
Int.Cl. <sup>5</sup>	F 03 B 13/12-24	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the extent that such Documents are included in the Fields Searched *		
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT *</b>		
Category *	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
A	SU, A1, 1285183 (B.G. VALIEV et al.), 23 January 1987 (23.01.87)	1-2,3-4
A	SU, A1, 1363393 (STAVROPOLSKY POLITEKHNICHESKY INSTITUT et al.), 30 December 1987 (30.12.87)	1-2,3-4
A	SU, A1, 1260555 (KIEVSKY POLITEKHNICHESKY INSTITUT IM. 50-LETIA VELIKOI OKTYABRSKOI SOTSIALISTI-CHESKOI REVOLJUTSII), 30 September 1986 (30.09.86)	1-2
A	SU, A1, 1260556 (KIEVSKY POLITEKHNICHESKY INTITUT IM. 50-LETIA VELIKOI OKTYABRSKOI SOTSIALISTI-CHESKOI REVOLJUTSII), 30 September 1986 (30.09.86)	1-2
<p>* Special categories of cited documents: <sup>10</sup></p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"A" document member of the same patent family</p>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
17 July 1990 (17.07.90)	4 October 1990 (04.10.90)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
ISA/SU		